

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

Efecto del *Enterococcus faecium* en el desarrollo y crecimiento intestinal de pollos de engorde.

POR:

BR. BYRON LEONEL, CARTAGENA VÁSQUEZ.  
BR. JAVIER ALEXANDER, MEJÍA HERNÁNDEZ.

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2019.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

Efecto del *Enterococcus faecium* en el desarrollo y crecimiento intestinal de pollos de engorde.

POR:

BR. BYRON LEONEL, CARTAGENA VÁSQUEZ.  
BR. JAVIER ALEXANDER, MEJÍA HERNÁNDEZ.

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.

CUIDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2019.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**MSc. Roger Armando Arias Alvarado**

**SECRETARIO GENERAL**

**MSc. Cristóbal Hernán Ríos Benítez**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

**Ing. Agr. MSc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. MSc. Luis Fernando Castaneda Romero**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**F. \_\_\_\_\_**

**Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos**

**DOCENTE DIRECTOR**

**F. \_\_\_\_\_**

**Ing. Agr. M.Sc. Juan Francisco Alvarado Panameño**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

**F. \_\_\_\_\_**

**Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García**

## Resumen.

En la alimentación, los animales se exponen a bacterias y sustancias tóxicas, donde el epitelio intestinal actúa como una barrera natural ante estos patógenos presentes en el lumen intestinal. Sin embargo, la ingesta de bacterias probióticas podría influir sobre el desarrollo y función de órganos digestivos, mejorando los parámetros fisiológicos, nutricionales e inmunológicos de este. El objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes dosis de la cepa probiótica *Enterococcus faecium*, sobre el crecimiento y desarrollo intestinal en pollos de engorde durante su etapa productiva. El proyecto de investigación, se realizó en el área del vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas ubicada en final 25 avenida norte, San Salvador, entre los meses de enero a julio del 2018, llevándose a cabo la crianza de 100 pollos de engorde (Arbor Acres®) de un día de edad, los cuales fueron alimentados con cuatro dietas: concentrado comercial con y sin la adición de cepa probiótica en distintas dosis. El modelo estadístico utilizado es el diseño completamente al azar, con cuatro raciones diferentes (cuatro tratamientos) y cuatro repeticiones, constituidas por seis unidades experimentales cada una. La inclusión de *Enterococcus faecium* en la alimentación de pollos de engorde a una dosis de 1.75 g por qq de concentrado mejoraron el crecimiento y desarrollo intestinal, en vellosidades con altura de 1211.34  $\mu\text{m}$  y ancho 147.7  $\mu\text{m}$ , y criptas menos profundas 164.30  $\mu\text{m}$  ( $p < 0,05$ ); lo cual se vio reflejado en pollos con un peso final de 2,195.5gr a la sexta semana, ganancia diaria promedio de 58.75g durante la semana seis e índice de conversión alimenticia de 1.85 ( $p < 0,05$ ); por lo anterior, la suplementación con *E. faecium*, mejora el rendimiento de pollos de engorde y puede ser utilizado en la alimentación durante todo el ciclo productivo como promotor de crecimiento.

## Palabras Claves.

*Enterococcus faecium*. Probiótico. Desarrollo intestinal. Pollos de engorde.

**ABSTRACT:**

In feeding the animals are exposed to bacteria and toxic substances where the intestinal epithelium acts as a natural barrier against these pathogens present in the intestinal lumen. However, the intake of probiotic bacteria could influence the development and function of digestive organs improving the physiological, nutritional and immunological parameters of this. The main objective of this study was to evaluate different doses of probiotic strains of *Enterococcus faecium* on intestinal growth and development in broiler chickens during their productive stage. The research project was carried out in the Experimental and practical unit of the Faculty of Agronomic Sciences located at the end of 25 Avenida Norte, San Salvador, between the months of January and July of 2018, carrying out the upbringing of 100 broiler chickens (Arbor Acres) of one day of age, which were fed with two diets: commercial concentrated feed diet with and without the addition of probiotic strain in different doses. The statistical model used is the completely random design, with four different rations (four treatments) and four repetitions, consisting of six experimental units each. The inclusion of *Enterococcus faecium* in the diet of broiler chickens at a dose of 1.75 g per qq of concentrate improved intestinal growth and development, in villi with height of 1211.34  $\mu\text{m}$  and width 147.7  $\mu\text{m}$ , and crypts less deep 164.30  $\mu\text{m}$  ( $p < 0.05$ ); which was reflected in chickens with a final weight of 2,195.5gr at the sixth week of age with an average daily gain of 58.75g during week six and feed conversion index of 1.85% ( $p < 0.05$ ); Therefore, supplementation with *E. faecium*, improved the performance of broiler chickens and can be used in the feed throughout the production cycle as a growth promoter.

**Keywords.**

*Enterococcus faecium*. Probiotic. Intestinal development Broiler chickens.

## **DEDICATORIA.**

A mi madre Ana Lilian Hernández por su amor, apoyo, sacrificios y consejos que me permitieron culminar con éxito esta importante etapa de mi vida.

A mi padre por brindarme su apoyo y asesoría desde el inicio hasta el fin de la investigación.

A mi hermano Ronald Galván por siempre brindarme palabras de apoyo, escuchar mis quejas, regañarme y estar pendiente de mi progreso.

A mis abuelos por ser un ejemplo para mi y brindarme apoyo cuando tuvieron la posibilidad, mis triunfos son suyos.

A mi futuro colega, compañero de tesis y amigo, Byron Cartagena, por ser un excelente compañero durante esta experiencia, por su paciencia, dedicación y palabras de ánimo, de igual forma, a su familia por apoyarnos en los momentos cruciales del estudio.

A mi asesor de tesis ING. AGR. M.Sc. Juan Francisco Alvarado Panameño por su paciencia, consejería y apoyo durante el transcurso de la investigación.

A mis amigos Alejandra, Javier y Blanca por siempre estar pendientes de mi progreso, brindarme palabras de ánimo y aconsejarme cuando lo necesité.

A la M.V.Z. Rosy Francis Alvarenga por sus enseñanzas, valioso apoyo y consejería.

Javier Mejía.

## **DEDICATORIA.**

A Dios todo poderoso por su protección, guía, fe, fuerzas y sabiduría durante todo este camino, reconociendo que sin su ayuda nada de esto hubiese sido posible.

A mis padres Danilo Cartagena y Melida de Cartagena por su apoyo, motivación y esfuerzo brindándome todo lo necesario para poder culminar mi carrera.

A mis hermanos Gerson Cartagena y Wilber Cartagena por su colaboración, ánimos y compañía durante todo mi proceso de formación académica.

A mi futuro colega, compañero de tesis y amigo, Javier Mejia, por ser un excelente compañero durante esta experiencia, por su paciencia, dedicación y palabras de ánimo, de igual forma, a su familia por apoyarnos en los momentos cruciales del estudio

A mi asesor ING. AGR. M.Sc. Juan Francisco Alvarado Panameño por su valiosa ayuda, dedicación y consejos para realizar esta investigación de manera excelente.

A la M.V.Z. Rosy Francis Alvarenga, valioso apoyo y consejería.

Al M.V. Oscar Geraldo Moran por su valiosa ayuda, apoyo y consejos en mi formación como Médico Veterinario.

A mi alma máter por brindarme todas las herramientas necesarias para capacitarme como profesional.

Byron Cartagena.

INDICE GENERAL	
1. INTRODUCCION.....	1
2. MARCO TEORICO.....	2
2.1. Situación actual de la avicultura en El Salvador.....	2
2.2.Generalidades del proceso digestivo.....	2
2.3. Características generales del tracto gastrointestinal de las aves.....	2
2.4. Microbiología del tracto intestinal de las aves.....	3
2.5. Absorción y metabolismo.....	4
2.6. Desarrollo de vellosidades y criptas intestinales.....	4
2.7. Probióticos.....	5
2.7.1. Origen de los probióticos.....	5
2.7.2. Microorganismos probióticos.....	6
2.7.3. Acción de probióticos a nivel del tracto gastrointestinal.....	7
2.8. Índices zootécnicos.....	8
3. METODOLOGIA.....	8
3.1. Descripción del estudio.....	8
3.2.Metodología de campo.....	9
3.2.1. Aspectos generales.....	9
3.2.2. Colocación de comederos y bebederos.....	9
3.2.3. Recibimiento de los pollitos.....	9
3.2.4. Distribución de las aves.....	10
3.2.5. Manejo de cepa probiótica.....	10
3.2.6. Alimentación.....	10
3.3. Registro de parámetros zootécnicos.....	10
3.3.1. Consumo de alimento diario.....	11
3.3.2. Ganancia de peso diaria.....	11
3.3.3. Conversión alimenticia.....	11
3.3.4. Porcentaje de mortalidad.....	11
3.4. Sacrificio y obtención de intestinos.....	11
3.5. Evaluación de criptas y vellosidades intestinales.....	12
3.6. Metodología de laboratorio.....	12
3.6.1. Cortes histológicos.....	12
3.6.2. Evaluación microscópica y análisis morfométrico.....	13
3.7. Metodología estadística.....	14
3.7.1. Diseño experimental.....	14
3.8. Metodología socioeconómica.....	14
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	14

4.1. Ganancia de peso.....	14
4.2. Conversión alimenticia.....	15
4.3. Mortalidad.....	16
4.4. Desarrollo intestinal.....	17
4.5. Análisis económico.....	19
4.5.1. Presupuesto parcial.....	19
4.5.2. Análisis de dominancia.....	20
4.5.3. Tasa de retorno marginal.....	20
5. Conclusiones.....	21
6. Recomendaciones.....	22
7. BIBLIOGRAFIA.....	23
8. Anexos.....	26

### **INDICE DE CUADROS.**

Cuadro 1. Valores normales de parámetros gastrointestinales en aves.....	5
Cuadro 2. Protocolo de fijación y deshidratación de muestra.....	12
Cuadro 3. Protocolo de tinción e hidratación de la muestra.....	13
Cuadro 4. Presupuesto parcial.....	19
Cuadro 5. Análisis de dominancia.....	20

### **INDICE DE FIGURAS.**

Figura 1. Corte de intestino delgado de pollo de engorde visto a 10X.....	17
Figura 2. Corte intestino delgado de pollo T1 a una vista de 100x.....	18

## INDICE DE ANEXOS.

Figura A-1. Instalaciones.....	26
Figura A-2 Comederos.....	26
Figura A-3 Balanza Digital.....	26
Figura A-4 Pre-mezcla de Cepa probiótica.....	27
Figura A-5. Concentrado con cepa probiótica.....	27
Figura A-6 Desinfectante Comercial.....	27
Figura A-7. Recibimiento de pollitos.....	28
Figura A-8. Identificación de Pollitos.....	28
Figura A-9. Distribución de las aves.....	28
Figura A-10 alimentación de pollitos.....	29
Figura A-11 Toma de pesos.....	29
Figura A-12 Vitaminas y Electrolitos.....	29
Figura A-13 Vacunación de pollitos.....	30
Figura A-14 Sacrificio.....	30
Figura A-15. Pesaje de intestinos.....	30
Figura A-16. Preparación de formalina al 10%.....	31
Figura A-17 Tallado de muestras.....	31
Figura A-18.Sistema de procedimiento manual de muestra.....	31
Figura A-19Proceso de inclusión de parafina.....	32
Figura A-20 Enfriador y máquina de bloqueo.....	32
Figura A-21. Realización de bloques de parafina.....	32
Figura A-22. Bloques de parafina.....	33
Figura A-23. Micrótopo de rotación.....	33
Figura A-24 Bateria de tinción.....	33
Figura A-25 Muestras procesadas.....	34
Figura A-26 Evaluación microscópica y análisis morfométrico.....	34
Tabla A-1. Pesos Semanales de tratamiento T0.....	35
Tabla A-2. Pesos semanales promedios de tratamiento T1.....	35
Tabla A-3. Pesos promedios semanales de tratamiento T2.....	35
Tabla A-4. Pesos promedios semanales de tratamiento T3.....	36
Tabla A-5. Ganancia de peso semanal.....	36
Tabla A-6. Conversión alimenticia.....	36
Tabla A-7. Datos de análisis morfométrico tratamiento T0.....	37
Tabla A-8. Datos de análisis morfométrico tratamiento T1.....	37
Tabla A-9. Datos de análisis morfométrico tratamiento T2.....	38
Tabla A-10. Datos de análisis morfométrico tratamiento T3.....	38
Tabla A-11. Prueba de Shapiro- Wilks para la variable pesos finales.....	39
Tabla A-12. Prueba F para igualdad de varianzas para la variable pesos finales.....	39

Tabla A-13. Análisis de varianza para variable pesos finales.....	39
Tabla A-14. Cuadro de análisis de varianza.....	39
Tabla A-15. Prueba estadística para variables pesos finales.....	40
Tabla A-16. Prueba de Shapiro- Wilks para variable ancho de vellosidades Intestinales.....	40
Tabla A-17. Prueba F para igualdad de varianzas para variable ancho vellosidades intestinales.....	40
Tabla A-18. Análisis de varianza para variable ancho Vellosidades intestinales.....	40
Tabla A-19. Cuadro de análisis de varianza.....	41
Tabla A-20. Prueba estadística para variables ancho vellosidades intestinales.....	41
Tabla A-21. Prueba de Shapiro- Wilks para variable largo de vellosidades Intestinales.....	41
Tabla A-22. Prueba F para igualdad de varianzas para variable largo de vellosidades intestinales.....	41
Tabla A-23. Análisis de varianza para variable largo Vellosidades intestinales.....	42
Tabla A-24. Cuadro de análisis de varianza.....	42
Tabla A-25. Prueba estadística para variables largo vellosidades intestinales.....	42
Tabla A-26. Prueba de Shapiro- Wilks para variable profundidad de criptas Intestinales.....	42
Tabla A-27. Prueba F para igualdad de varianzas para variable profundidad de criptas intestinales.....	43
Tabla A-28. Análisis de varianza para variable profundidad de criptas intestinales.....	43
Tabla A-29. Cuadro de análisis de varianza.....	43
Tabla A-30. Prueba estadística para variables profundidad de criptas intestinales.....	43

## 1. INTRODUCCIÓN.

La avicultura es una actividad que ha alcanzado grandes avances en las últimas décadas, esto se debe principalmente a la acción conjunta entre genética, sanidad, manejo y nutrición (Chávez. *et al.* 2016).

En los sistemas de producción tradicionales, en los cuales se maneja una alta densidad de aves en el galpón, éstas se enfrentan a diferentes agentes patógenos que pueden ocasionar enfermedades y afectar negativamente la producción. Para evitar este problema, a nivel mundial a lo largo de los años se han utilizado los antibióticos como promotores de crecimiento (APC), los cuales mejoran la tasa de crecimiento, la salud y el bienestar de los animales (Chávez. 2014).

En la actualidad hay una preocupación creciente sobre patógenos alimenticios que se transmiten de los animales de la granja a la población humana, incluso en los países más desarrollados, debido a la ausencia de estrategias alternativas, la mayoría de los intentos para controlar la microflora gastrointestinal en pollos se han hecho hasta ahora sobre la base del uso de antibióticos de amplio espectro. Sin embargo, la reciente y creciente preocupación por la diseminación de genes resistentes a antibióticos ha conducido a la prohibición del uso profiláctico de muchos antibióticos. Por tal motivo, como estrategia terapéutica de origen nutricional se ha propuesto el uso de probióticos, ya que se ha reportado que estos podrían mejorar los parámetros productivos, nutricionales, fisiológicos, como un mayor largo de vellosidades intestinales y menor profundidad de criptas en algunas especies animales (Chávez *et al.* 2016). Sin embargo, ninguno de estos productos alternativos desarrollados hasta ahora ha proporcionado una solución general que resulte efectiva en una amplia variedad de condiciones (Apajalahti y Kettunen 2002).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación está orientado a evaluar el efecto entre diferentes dosis del *Enterococcus faecium* en el crecimiento y desarrollo intestinal y parámetros zootécnicos de pollos de engorde durante un periodo de 6 semanas (42 días) mediante la realización de técnicas histológicas, con el fin de promover una alternativa viable que pueda sustituir el uso de antimicrobianos como promotores de crecimiento en éste rubro.

## **2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Situación actual de la avicultura en El Salvador.**

Durante los últimos 50 años, la industria avícola salvadoreña, se ha adaptado a los cambios económicos y políticos. La producción avícola es superior a la producción del frijol y arroz en nuestro país, se considera la principal fuente de proteína de origen animal consumida por la población. Según estadísticas en el 2017, se logró un incremento de casi el 3% en la producción de huevos a nivel nacional, mientras que en la producción de carne de pollo, se habría llegado a los 300 millones de libras, aportando cerca de 9,000 empleos directos, 80,000 empleos indirectos, representando el 15.4% del producto interno bruto (PIB) agrícola y el 37.8% de la producción pecuaria (AVES, 2017).

### **2.2 Generalidades del proceso digestivo.**

El aparato digestivo de la gallina doméstica es anatómica y funcionalmente diferente al de otras especies animales, incluso entre las mismas aves, ya que está asociado en alguna medida al tipo de alimentación que éstas reciban, por ejemplo, aquellas que se alimentan de granos tienen un tracto digestivo de mayor tamaño que las carnívoras y las consumidoras de fibra poseen ciegos más desarrollados (Álvarez. 2002).

En el tubo digestivo el alimento es aprovechado, este se inicia en la boca (pico) y termina en el ano y cloaca; una vez este ya es deglutido pasa al esófago y de allí a tres compartimentos: el buche, lugar adonde se humedece; el estómago, donde se inicia la digestión; la molleja lugar donde se tritura, seguido a este llega al intestino delgado donde el alimento se termina de digerir y absorber los nutrientes, estos pasan a la sangre y se distribuyen a todo el organismo; finalmente, lo que no se digiere, pierde el agua en el intestino grueso y sale como excremento a través de la cloaca (Ortiz. *et al.* 2010).

### **2.3 Características generales del tracto gastrointestinal de las aves.**

El pico en las aves representa mandíbulas y labios, es una estructura ósea que está revestida por una capa cornea de dureza variable. En la cavidad bucal de las aves no hay separación entre boca y faringe, en las paredes de esta están presentes gran cantidad de glándulas salivares, las cuales segregan un promedio de 12 ml de saliva en un periodo de 24 horas (Álvarez. 2002).

El estómago consta de dos porciones que son el estómago glandular (EG) y el estómago muscular (EM). El EG está recubierto externamente por el peritoneo, seguido por la túnica

musculosa, compuesta de una capa externa muy fina de fibras longitudinales y de otra interna, de fibras circulares, que constituyen un conducto de tránsito para los alimentos que proceden del buche y que se dirigen a la molleja (Ortiz. *et al.* 2010).

El EM o molleja, se adhiere a la porción caudal del proventrículo y está cubierto en su extremo anterior de los dos lóbulos hepáticos; en esta parte no se segrega jugo digestivo. La parte más esencial de la pared del estómago está constituida por los dos músculos principales, la capa córnea y túnica muscular, unidos a ambos lados por una aponeurosis de aspecto blanco-azulado (Swensson. 1999).

El intestino delgado se extiende desde la molleja hasta el origen de los ciegos, y en comparación al tamaño de las aves, este es largo y de tamaño uniforme en toda su extensión, que se subdivide en tres partes: duodeno, yeyuno, e íleon, cuya longitud es de 22 a 35 cm, un diámetro de 0.8 a 1.2 cm en la gallina, y esta irrigado por la arteria celiaca; el intestino grueso, se subdivide en tres porciones: ciego, el recto y la cloaca. El ciego tiene como función continuar la desintegración de los principios nutritivos y la absorción de agua, cada uno mide de 12 a 25 cm; el recto es corto y derecho, se expande para formar la cloaca, su función es la de acumular las heces, cuya longitud es de 8 a 12 cm incluyendo la cloaca (Doyle y Slesson, 2000).

#### **2.4 Microbiología del tracto intestinal de las aves.**

La microflora intestinal es una parte integral del sistema digestivo de todos los animales; y en las aves crecen activamente en el buche, intestinos y ciego. Las bacterias gastrointestinales obtienen la mayor parte de su energía para reproducción y crecimiento, a partir de los componentes de la dieta que son resistentes al ataque de los fluidos digestivos y absorbidos lentamente, permitiendo que éstas puedan competir con éxito por ellos. El estatus microbiano del tracto gastrointestinal de las aves depende no solo de la dieta, sino también de las condiciones del medio, por ejemplo, en camas sucias y galeras poco higiénicas se afecta directamente la flora microbiana, proporcionando una fuente continua de bacterias, e indirectamente, al debilitar la condición física y las defensas de las aves (Apajalahti y Kettunen, 2002).

En las aves silvestres, las recién nacidas obtienen sus primeras bacterias directamente del pico, buche o excremento de la madre, pero en el caso de aquellas nacidas en plantas incubadoras comerciales, carecen de esa oportunidad, por lo que proporcionar cultivos vivos de bacterias probióticas al momento de la eclosión o durante su crecimiento, es una opción (Garlich. 1999).

La digestión y la absorción son procesos pocos eficaces en el pollito recién eclosionado, su desarrollo avanza rápidamente al recibir alimentación sólida exógena, provocando cambios morfológicos del tubo digestivo (longitud y peso del intestino delgado, crecimiento de enterocitos, vellosidades y criptas). En general, el desarrollo del aparato digestivo es mucho más rápido que el del resto del organismo en cuanto a la longitud y el peso del intestino delgado, se observa un incremento de 3,9 a 5,3 g y de 13,4 a 16,8 cm (expresado por 100 g de peso corporal) al dar dietas poco digestibles (Ortiz. 2005).

### **2.5. Absorción y metabolismo.**

Los productos de la digestión pasan a través de la pared del intestino delgado hacia el torrente circulatorio, y la absorción de los nutrientes se realiza mediante sistemas de transporte especializados y se ve favorecida por la presencia de las vellosidades, la sangre transporta los nutrientes absorbidos del alimento al hígado, de esta forma, los nutrientes son utilizados en el metabolismo, que es el conjunto de cambios químicos que sufren los nutrientes desde el momento de ser absorbidos por el organismo hasta que aparecen como productos de excreción (González. 1997).

En la superficie de la mucosa intestinal se encuentran extensos dobleces microscópicos que en conjunto forman una recubierta con proyecciones de forma dactilar llamadas vellosidades, y que en el caso de las aves, estas vellosidades existen a todo lo largo del intestino delgado y grueso, disminuyendo de tamaño continuamente, la superficie de cada vellosidad está aumentada por muchas micros vellosidades que facilitan la absorción en la superficie de las células (Trautman y Febiger, 1970).

### **2.6. Desarrollo de vellosidades y criptas intestinales.**

En los pollos de engorde, la altura de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas, sufren un rápido incremento tras la eclosión, alcanzando un máximo a los cuatro o seis días en duodeno y a los diez días en el yeyuno e ileón, lo que incrementa la superficie de absorción, aumentando así la capacidad de aprovechamiento de nutrientes, además de la puesta en marcha de sistemas activos de transporte a través de la membrana; así pues, la capacidad de absorción de duodeno y yeyuno, va aumentando con la edad (véase cuadro 1) (Ortiz. 2005).

**Cuadro 1.** Valores normales de parámetros gastrointestinales en aves.

	<b>Media</b>	<b>Error Standard</b>
<b>Digestión</b>		
Actividad enzimática lumen	-----	-----
Actividad enzimática borde cepillo		
Sucrasa, U/g	156	35
Maltasa, U/g	944	224
Glutamiltransferasa, U/g	1.790	320
<b>Absorción</b>		
<b>Morfometría</b>		
Altura de las vellosidades $\mu\text{m}$	612	61
Profundidad criptas $\mu\text{m}$	188	25
Anchura de las vellosidades $\mu\text{m}$	111	16
Enterocitos por vellosidad	848	189
Enterocitos por $\mu\text{m}$ vellosidad	1,34	0.13
<b>Función barrera</b>		
Producción de mucus (U/g quimo)	15	-----
<b>Condiciones físico-químicas</b>		
PH, duodeno	5,5-6,2	-----
PH, yeyuno	5,8-6,9	-----
PH, ileón	6,3-8,0	-----
Viscosidad, yeyuno, mPa.s	1,2-10,0	-----
Tiempo retención, yeyuno, min	71-84	-----
<b>Otras</b>		
Actividad microbiana		
Concentración ATP (yeyuno), mmol/l	1,9	0,5
AGV Concentración (ID), mmol/Kg	7,8-25,5	-----
Sales biliares concentración (ID), mmol/g	11,7-14,4	-----

Van der Klis y Jansman, 2002

## **2.7. Probióticos.**

Los probióticos son aditivos que ayudan a mejorar el proceso digestivo, promover un ambiente intestinal sano, modificando la composición o actividad de la microflora intestinal. Una de estas bacterias probióticas de importancia es el *Enterococcus faecium*, la cual ha sido utilizada en la prevención de problemas diarreicos en animales jóvenes, y que presumiblemente también beneficia el proceso crecimiento-finalización, al proporcionar un mejor ambiente intestinal, permitiendo mayor aprovechamiento de los nutrientes (Cobos. *et al.* 2006).

### **2.7.1. Origen de los probióticos.**

La utilización de los probióticos se remonta a miles de años (hace 6.000 años) fue grabada en tablas Sumerias la habilidad de las bacterias benéficas en transformar leche en productos de mayor atractivo dietético describiendo la fabricación del queso. El médico griego Hipócrates dijo, “permítame que la comida sea su medicina y la medicina su comida”. La primera vez en la que

se propuso el término probiótico fue en el año 1965, en la actualidad el término es utilizado para referirse a suplementos, alimentos compuestos de cultivo puro o compuesto de microorganismos vivos, con capacidad de instalación y proliferación del tracto intestinal, siendo beneficiosos para el hospedero por el incentivo a las propiedades existentes en la microflora natural (Moriño. 2002). En el año 1857 las bacterias lácticas fueron descubiertas por Luis Pasteur. Su utilidad fue demostrada por Metchnikov premio Nobel del año 1908, que afirmó que "la dependencia de los microbios intestinales con respecto a los alimentos hace posible adoptar medidas para modificar la flora de nuestro organismo y sustituir los microbios nocivos por microbios útiles" Por entonces el pediatra francés Henry Tissier observó que los niños con diarrea tenían en sus heces un escaso número de bacterias caracterizadas por una morfología peculiar en forma de Y. Estas bacterias "bífidas" eran, por el contrario, abundantes en los niños sanos. Sugirió la posibilidad de administrar estas bacterias a pacientes con diarrea para facilitar el restablecimiento de una flora intestinal sana (Patterson y Burkholder. 2003).

### **2.7.2. Microorganismo probióticos**

En general (aunque no de forma exclusiva) son bacterias "ácido lácticas", principalmente perteneciente a los géneros *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii subsp. Bulbaricus*, *L. plantarum*, *L. salivarius*, *L. rhamnosus*, *L. johnsonii* y *L. reuteri*) y *Bifidobacterium* (*B. bifidum*, *B. infantis*, *B. breve*, *B. longum* y *B. lactis*). Otros microorganismos probióticos son *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecalis*, *Saccharomyces boulardii* y *Escherichia coli* Nissle 1917 (López y Domingo, 2007).

Dentro de las bacterias probióticas de rápido crecimiento en el intestino, los lactobacillus son quizás los más conocidos en avicultura, estas bacterias son capaces de transformar la lactosa en ácido láctico, el aumento de esta sustancia disminuye el pH intestinal, hasta llegar a niveles tan bajos que impiden la supervivencia de microorganismos como la *Escherichia coli*, entre otros (Lata. 2005). Proveer a los animales de cepas de *Lactobacillus* autóctonas del tracto gastrointestinal (TGI) mediante el uso de probióticos desde las primeras horas del nacimiento de las aves, estas bacterias colonizan la mucosa intestinal y la protegen de forma natural contra el crecimiento de otros microorganismos, especialmente de aquellos que son

dañinos o indeseables, reduciendo la incidencia de problemas gastrointestinales 20% y aumentando el diámetro y altura de las vellosidades intestinales ( $p > 0.04$ ) (Rondón *et al* 2008).

### 2.7.3. Acción de los probióticos a nivel del tracto gastrointestinal.

La adición de probióticos al alimento beneficia las interacciones naturales y complejas de la microbiota intestinal, cuyos efectos positivos se reflejarán no solo a nivel del TGI, sino que también en los resultados zootécnicos, como la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Prats. 1999).

Según Chávez *et al.* (2016), la inclusión de probióticos, específicamente *E. faecium*, en la alimentación de pollos de engorde mejoraron el peso, desarrollo y crecimiento de órganos de importancia digestiva, específicamente intestino, lo cual se vio reflejado en vellosidades con mayor diámetro y altura, y criptas menos profundas ( $p < 0,01$ ); lo que podría mejorar la absorción de nutrientes y por consiguiente la salud de los animales. Por otro lado (H. E. Samli *et al.* 2007), reporto en su investigación sobre el efecto de *Enterococcus faecium* y suero de leche seca en el rendimiento de pollos de engorde, que aquellos suplementados con la cepa probiótica presentaron mejores resultados en la altura de las vellosidades intestinales ileales (promedio: 845.5  $\mu\text{m}$ ) en comparación al tratamiento testigo, donde la altura promedio fue de 703  $\mu\text{m}$  a los 21 días. La función de los probióticos es principalmente favorecer la microbiota intestinal, esencial para descomponer sustancias alimenticias no digeridas previamente, aumentar la respuesta inmune y mantener la integridad de la mucosa intestinal, considerándose importantes también en la producción de vitaminas sobre todo las del complejo hidrosoluble (Pratt *et al.* 2002).

El desarrollo de cepas de bacterias resistentes a los antibióticos promotores de crecimiento (APC) y la incidencia de ciertas enfermedades en el hombre debido al uso excesivo de éstos, hicieron que su uso fuera controlado, lo que ha llevado a que se investiguen alternativas biológicamente más seguras que los APC, entre las cuales se encontraron prebióticos, probióticos, simbióticos, nucleótidos, ácidos orgánicos, vitaminas, minerales, entre otros. La inclusión de probióticos, específicamente de *E. faecium*, mejoró los parámetros productivos ( $P < 0.05$ ) como peso, conversión, porcentaje de supervivencia, índice productivo y eficiencia alimenticia; la adición de *E. faecium* o *L. acidophilus* mejoró las variables de peso de órganos, crecimiento alométrico y pH intestinal ( $P < 0.05$ ) e influyeron en los títulos de anticuerpos ( $P < 0.05$ );

lo cual se vio reflejado en la salud de las aves, en el aumento en el rendimiento económico y en la disminución de antibióticos en la dieta (Chávez, L. 2014).

## **2.8. Índices zootécnicos.**

La producción avícola ha logrado grandes avances, a nivel genético, nutricional, sanitario y de manejo e instalaciones, evidenciados en mejores crecimientos, mejores Índices de conversión, mejores conformaciones (partes de la canal), entre otros, pero estos se ven afectados años tras año por los factores ambientales de las regiones tropicales (alta temperatura y humedad relativa), cuyos efectos son económicamente significativos. Para lograr desarrollar un proyecto avícola se requieren condiciones ambientales de alturas comprendidas entre 0 y 2500 msnm y temperaturas entre 18 y 24°C y con variaciones de menos de 10°C en un periodo de 24 horas (Estrada y Márquez. 2005).

Sabiendo que los pollos no son capaces de adaptarse a condiciones extremas, es importante que el ambiente que rodea al ave deba permitir un intercambio adecuado de calor, y de esta forma presentar una temperatura interna óptima y por consiguiente un comportamiento productivo ideal, de tal manera no afecte la ingesta de alimento, más en horas de calor intenso (Pérez y Breñez. 1998).

## **3. METODOLOGÍA.**

### **3.1 Descripción del estudio.**

El estudio se desarrolló en un periodo de 10 meses, comprendidos entre agosto del 2017 a junio de 2018. La fase de campo se llevo a cabo en el área del vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, (13°43.14.04" Latitud Norte y 89°12'15.56" longitud oeste) a 710 m.s.n.m., humedad relativa del 72% y una temperatura promedio de 30°C. La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de Histotecnología del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. En el estudio se utilizaron 96 pollos de engorde de un día de edad, de la línea Arbor Acres, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos, suministrándoles diferentes dietas compuestas de alimento comercial con distintas dosis de cepa probiótica (CP) en gramos, por quintal de alimento comercial), de la siguiente manera: T0= alimento comercial (testigo), T1= alimento comercial +1.75g CP, T2= alimento comercial + 1g CP, y T3= alimento comercial + 2.5g CP.

## **3.2 Metodología de campo.**

### **3.2.1 Aspectos generales.**

Se utilizó una galera con dimensiones de 4.5 metros de largo, 6 metros de ancho y una altura de 2.5 metros, con piso de tierra, techo de lámina acanalada tipo zinc y paredes con malla galvanizada. Se tomaron todas las medidas de bioseguridad, que incluyeron limpieza, desinfección de la galera, utilizando hipoclorito de sodio disuelta en agua, aplicada mediante aspersión. Para evitar la entrada de corrientes de aire y cambios bruscos de temperatura dentro de la galera, se colocaron cortinas de material plástico, a altura de dos metros desde el nivel del suelo.

Se construyeron cuatro divisiones con dimensiones de 2.50 metros de largo, 80 cm de ancho y 80 cm de alto. Como cama, se utilizó viruta de madera debidamente desinfectada, por sus propiedades absorbentes y de confort para los pollos, colocándose dos días antes del ingreso de los pollos, con un espesor aproximado de dos centímetros. (Figura A-1)

Como fuente de calor (criadora) se utilizaron focos incandescentes, aproximadamente en una relación de 1 watt/pollo. La altura entre la cama y la fuente de calor, fue ajustada diariamente de acuerdo al comportamiento de los pollitos (distribución homogénea y visualmente cómodos).

### **3.2.2. Colocación de comederos y bebederos.**

Inicialmente se utilizaron comederos abiertos (2.5 cm de altura) y bebederos con capacidad de 1 galón, útiles para la primera semana de edad de los pollitos. Posteriormente, se utilizaron comederos tipo tolva (relación de 1 comedero cada 10 pollos), y bebederos automáticos de niple (ambos se fueron ajustando a la altura del dorso) en relación al crecimiento de los pollitos. (Figura A-2)

### **3.2.3. Recibimiento de los pollitos.**

Los pollitos fueron transportados hacia la galera en horas frescas de la mañana (9 am), evitando en la medida de lo posible promotores de estrés. Siendo pesados con una balanza digital a su llegada, tomando el peso inicial en forma individual (g), luego se realizaron tomas de peso semanalmente hasta completar las 6 semanas (ciclo productivo), hasta su sacrificio. (Figura A7)

### **3.2.4 Distribución de las aves.**

Los pollitos se distribuyeron en 4 divisiones que representaban cada tratamiento, que a su vez eran conformados por 4 repeticiones y 6 unidades experimentales en una relación de 10 pollos por m<sup>2</sup>, dentro de las cuales se identificaron individualmente las aves que conformaron cada repetición, por medio de un distintivo (listón) colocado en uno de sus miembros posteriores. (Figura A-8)

### **3.2.5 Manejo de cepa probiótica.**

El *Enterococcus faecium* se adiciono mediante premezcla manual del probiótico en 200 gramos de calcio, para su posterior incorporación al concentrado comercial, en las proporciones ya establecidas por los tratamientos del ensayo. La cepa se utilizó en el tiempo recomendado por el fabricante para garantizar su viabilidad (máximo de 5 meses después de su fabricación) y conservado en un ambiente libre de humedad, rayos del sol y altas temperaturas. (Figura A-4)

### **3.2.6 Alimentación**

Todos los animales fueron alimentados con un concentrado comercial, de acuerdo con la etapa cronológica de los pollos, utilizándose concentrado iniciador (23% proteína), desde el día 1 hasta el día 21, y luego concentrado finalizador (19% proteína), considerando tres días de transición para el cambio del alimento. Al concentrado comercial fueron agregados distintas dosis del *Enterococcus faecium*, excepto el testigo. La distribución quedó establecida de la siguiente manera: Dieta 1 control (DC=T0): alimento comercial (100%); Dieta 2 (D2=T1): alimento comercial + 1.75g de probiótico; Dieta 3 (D3=T2): alimento comercial + 1g de probiótico; Dieta 4 (D4=T3): alimento comercial + 2.5g de probiótico. (Figura A-5)

## **3.3 Registro de parámetros zootécnicos.**

Se registraron por medio de tablas los valores de diversas variables productivas que permiten la obtención de información necesaria sobre la productividad de una empresa avícola y sobre el efecto del probiótico en estudio, estas fueron:

### **3.3.1 Consumo de alimento diario.**

Este se calculó registrando diariamente la cantidad de alimento ofrecido y el alimento rechazado en gramos, basándonos en una tabla de consumo correspondiente a la línea genética. (Figura A-10)

### **3.3.2 Ganancia de peso diaria**

Esto se realizó pesando las aves el primer día de su llegada en conjunto, repitiéndose diariamente y de forma individual con 11 aves de cada tratamiento con ayuda de una balanza digital, posteriormente se introdujeron los datos en gramos en un formato previamente establecido. (Figura A-11)

### **3.3.3 Conversión alimenticia.**

Se midió el consumo semanal de alimento acumulado y las ganancias de peso utilizando la siguiente formula:

$$\text{ICA} = \text{Consumo de alimento semanal} / \text{Ganancia semanal.}$$

### **3.3.4 Porcentaje de mortalidad**

Se determinó diariamente utilizando la siguiente formula:

$$M = (A \times 100) / N$$

Dónde: M= Índice de mortalidad

A= Numero de aves muertas en un periodo determinado

N= Animales al iniciar el periodo

## **3.4 Sacrificio y obtención de intestinos.**

Esta actividad se realizó al cumplirse las seis semanas de vida de los pollos, con el propósito de obtener los órganos sujetos al análisis, sacrificándose 11 aves por tratamiento mediante el método de degüello, siendo sometidas a ayuno de 12 horas para favorecer su vaciado, realizándose la extracción desde la salida de la molleja hasta la entrada del recto, cortando inmediatamente después de las válvulas ileocecales. Los intestinos se conservaron en formalina al 10% hasta su evaluación.

### 3.5. Evaluación de criptas y vellosidades intestinales.

Se les realizaron cortes histológicos a los intestinos extraídos de las unidades experimentales sacrificadas para ser observados en un microscopio óptico donde se midió la altura y ancho de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas en micras por medio del software “AmScope®”. (Figura A-26)

### 3.6. Metodología de laboratorio

#### 3.6.1. Cortes histológicos.

Se llevaron a cabo utilizando el procedimiento propuesto por Montalvo (2010), iniciando con la fijación de tejidos, en una solución de formalina al 10%, para su posterior tallado e identificación de las muestras; los cortes obtenidos fueron depositados en cassetes y sometidos a un proceso de deshidratación, aclaramiento e inclusión en parafina líquida, tal como se muestra en el siguiente protocolo.

Cuadro.2. Protocolo de fijación y deshidratación de muestra.

Baños	Tiempo de procesamiento
	Manual
-Formol 10 por 1000 líquido de lavado posfijación	2 horas
-Etanol al 70 por 100	2 a 4 horas
-Etanol al 96 por 100	2 a 4 horas
-Etanol Absoluto	1 a 2 horas
-Etanol Absoluto	1 a 2 horas
-Etanol Absoluto	1 hora
-Xileno o tolueno	1 hora
-Xileno o tolueno	1 hora
-Xileno o tolueno	1 hora
-Parafina líquida	1 hora
-Parafina líquida	1 hora
-Parafina líquida	2 horas

Montalvo. 2010.

Con el tejido incluido en parafina, se realizaron los bloques para posteriormente sujetarlos con el sistema de abrazaderas del micrótopo de rotación, orientando las muestras correctamente, se desgasto la superficie del bloque de parafina hasta alcanzar el tejido y tenerse la certeza de

abarcar toda el área a seccionar, se marcó en el dial del micrótopo 6 micras de grosor del corte, por último se accionó la manivela que desplaza la abrazadera con el bloque de parafina, obteniéndose los cortes (aislados o seriados), y se recolectaron cuidadosamente con unas pinzas.

Los cortes obtenidos fueron sometidos a un baño de maría para eliminar los pliegues formados en el proceso de corte, se colectaron en un porta objeto y se sometieron a un proceso de desparafinado en estufa (60°C x 20 min), continuando con un proceso de hidratación y tinción de los tejidos siguiendo el siguiente protocolo.

Cuadro 3. Protocolo de tinción e hidratación de la muestra

Alcohol absoluto (100%)	Por 4 minutos
Alcohol absoluto (100%)	Por 4 minutos
Alcohol de 95%	Por 4 minutos
Alcohol de 95%	Por 4 minutos
Agua de chorro	Por 1 minuto
Hematoxilina	Por 4 minutos
Agua de chorro	Por 1 min.
Carbonato de litio	3 medidas
Agua de chorro	Por 1 minuto
Eosina	1 minuto
Ecurrir / secar	15-20 minutos / 60°C
Alcohol de 95%	5 medidas
Alcohol Absoluto (100%)	Por 1 minuto
Alcohol Absoluto (100%)	5 medidas

Con el tejido ya coloreado se procedió a realizar el montaje, agregando una gota de pegamento y luego colocándosele un cubre objetos y quedando listo para su posterior visualización en el microscopio.

### 3.6.2. Evaluación microscópica y análisis morfométrico.

Los cortes histológicos se analizan cuantitativamente mediante un procesamiento de imágenes digitales computarizadas; para la identificación de las zonas tisulares se empleó un microscopio óptico, donde se capturaron imágenes con una cámara microscópica digital y se analizaron

mediante el software para el tratamiento de imágenes AmScope®. Se evaluó la longitud de las vellosidades intestinales y profundidad de criptas (intestinales) expresadas en micras. (Figura A-26)

### **3.7. Metodología estadística.**

#### **3.7.1. Diseño experimental**

Para el estudio se utilizó el diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, constituidas por seis unidades experimentales cada una. A cada uno de los datos obtenidos en investigación fueron procesados para verificar que cumplieran con lo supuestos del análisis de varianza, estos al cumplir no hace necesaria la transformación de los datos para su continuación. Se realizó la prueba estadística de diferencia mínima significativa. Para determinar el efecto producido por la variable independiente (adición de distintas dosis de cepa probiótica en el alimento), se registraron las siguientes variables dependientes: ganancia de peso semanal, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad, crecimiento de vellosidades intestinales y profundidad de criptas intestinales.

### **3.8. Metodología socioeconómica.**

La relación beneficio/costo se analizó según los parámetros de la CIMMYT (Centro de Investigación de Mejoramiento del Maíz y Trigo) evaluando los costos a través de un presupuesto tomando en cuenta los costos fijos y análisis de dominancia basándose en una tasa marginal de retorno, lo cual permitió mostrar la mejor relación beneficio costos dentro de los tratamientos utilizados.

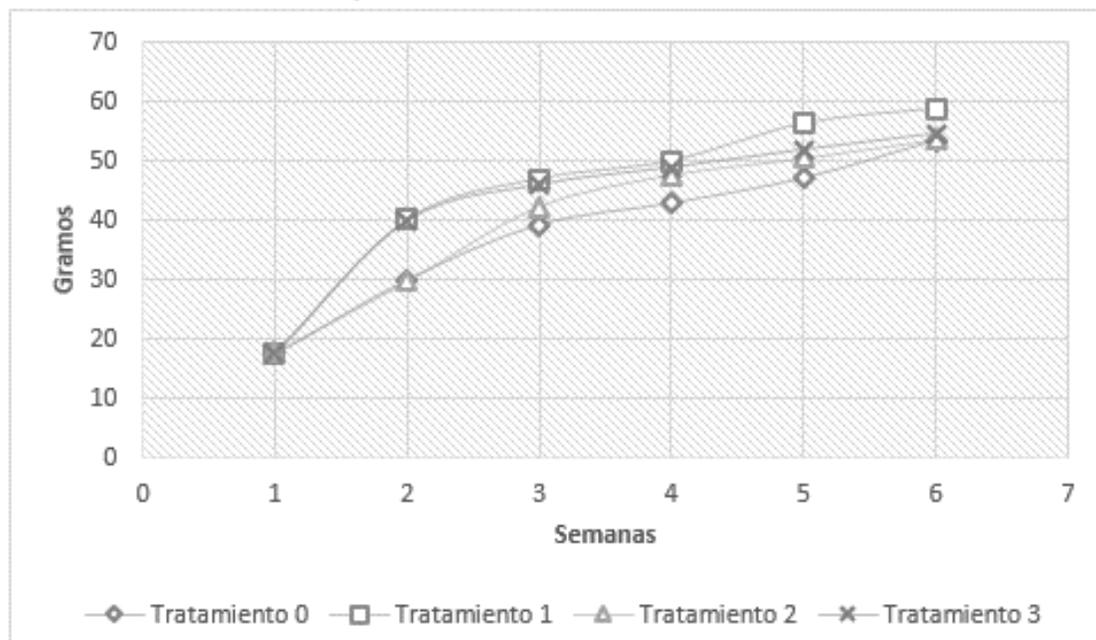
## **4. Resultados y discusión.**

### **4.1. Ganancia de peso**

Al adicionar cualquiera de las tres dosis de *Enterococcus faecium* en la dieta de los pollos de engorde, se alcanzaron mejores ganancias de peso semanal, en comparación con los pollos alimentados únicamente con concentrado comercial, como se observa en la gráfica 1, donde se refleja que los mejores rendimientos se obtuvieron en el Tratamiento 1 (con adición de 1.75 g de *Enterococcus faecium* por quintal de alimento), que a partir de la segunda semana se comportó de mejor manera que el resto de tratamientos, con una ganancia diaria promedio de 58.75g, durante la semana seis y un peso final de 2,195.5g por tratamiento a la sexta semana, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ), debido a la acción

de la cepa probiótica coincidiendo con lo reportado por Chávez (2014) que expresa que la inclusión de probióticos, específicamente de *E. faecium*, mejoró los parámetros productivos ( $P < 0.05$ ) como: peso, conversión, porcentaje de supervivencia, índice productivo y eficiencia alimenticia. Así mismo, Torshizi K. et AL (2010) indicó que en general el uso del probiótico aumentó la ganancia de peso corporal de pollos de engorde durante todos los períodos de producción en comparación con el grupo de control.

**Grafico 1. Ganancia de peso semanal.**

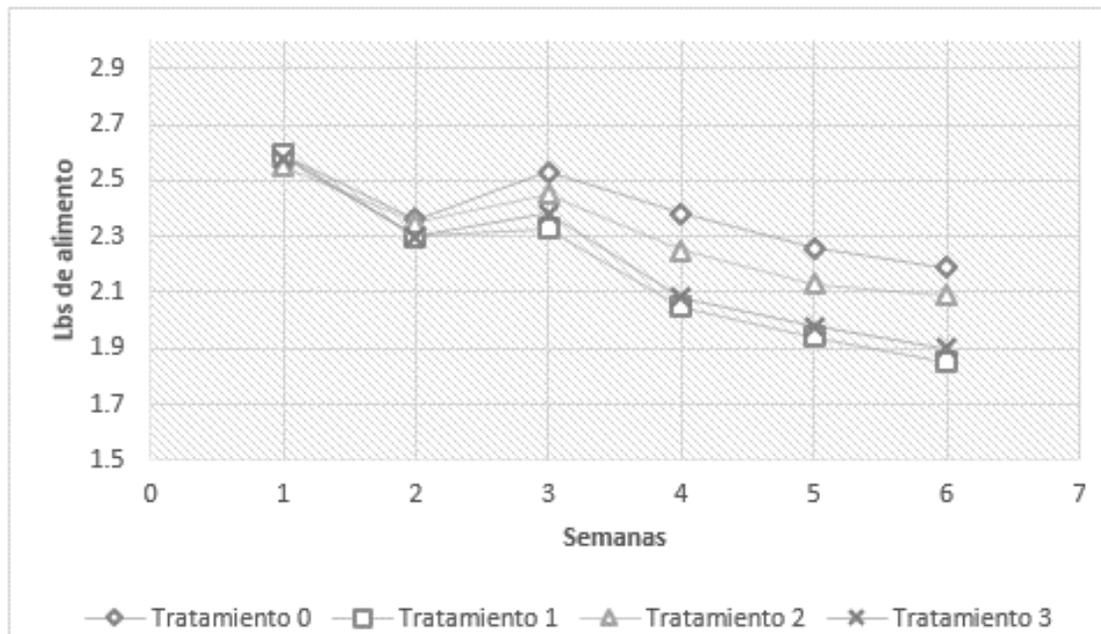


Las medias de los pesos de los tratamientos en estudio mostraron diferentes efectos en la ganancia de peso, obteniendo los mayores desempeños el tratamiento T1 que corresponde a la dieta de concentrado + 1.75 g de probiótico seguido de T3, T2 y T0.

#### **4.2. Conversión alimenticia.**

Los valores del índice de conversión alimenticia semanal de los tratamientos en estudio, mostraron diferentes efectos en la ganancia de peso, obteniendo los mejores desempeños el tratamiento T1 con 1.85 (el ave necesita 1.85 lbs de alimento para producir 1 lbs de carne) correspondiendo a la dieta de concentrado + 1.75 g de probiótico seguido de T3, T2 y T0.

Grafico 2. Índice de Conversión Alimenticia.



Contrastando con H. E. Samli et al. (2007). que expresó que al adicionar una cepa de *Enterococcus faecium* en la dieta de pollos de engorde en una presentación experimental se obtuvieron índices de conversión alimenticia de 1.99, valores superiores a los reflejados en la presente investigación, lo que puede deberse a los avances relacionados con la estabilidad de las microcapsulas que cubren los organismos probióticos que permiten una mayor eficiencia en desempeño.

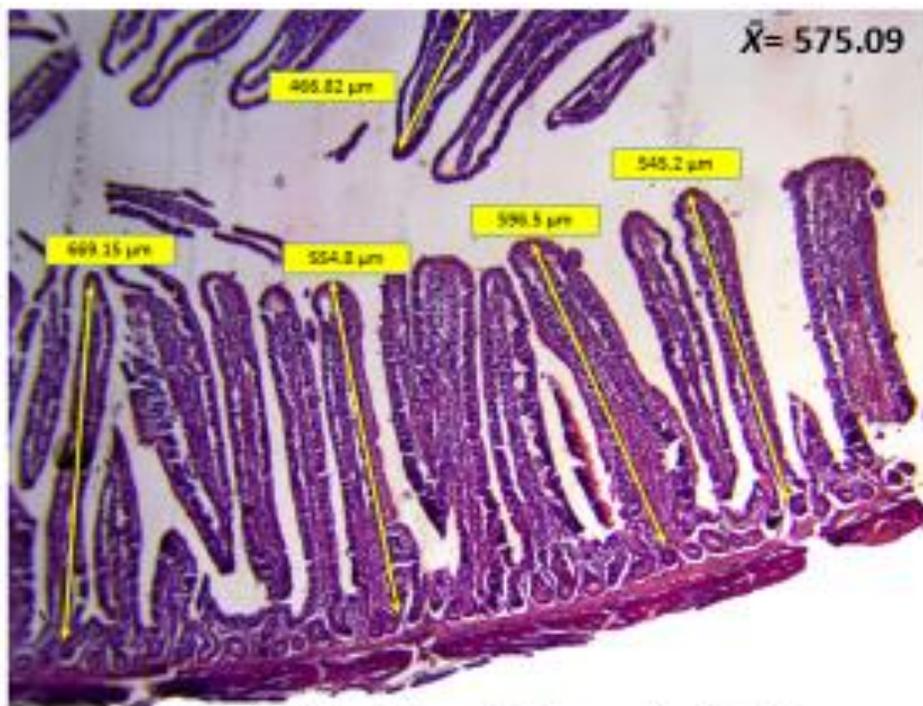
#### 4.3. Mortalidad.

Con respecto a la variable mortalidad, los tratamientos experimentales se comportaron de manera similar, existiendo una única muerte en el tratamiento T1, relacionada más con factores ambientales que con agentes infecciosos, sin embargo el uso de probióticos representa una alternativa de prevención de patologías digestivas en la industria avícola.

Cobos. et al. (2006) menciona que los probióticos ayudan a mejorar el proceso digestivo, promover un ambiente intestinal sano, modificando la composición o actividad de la microflora intestinal. *Enterococcus faecium*, ha sido utilizado en la prevención de problemas diarreicos en animales jóvenes, y que presumiblemente también beneficia el proceso crecimiento-finalización, al proporcionar un mejor ambiente intestinal, permitiendo mayor aprovechamiento de los nutrientes y disminuyendo la cantidad de muertes relacionadas con trastornos digestivos.

#### 4.4. Desarrollo intestinal.

En cuanto a las vellosidades intestinales se observaron las estructuras con un largo mayor en los tratamientos con adición de cepa probiótica, presentando mejores resultados el T1, donde el valor promedio fue de 1211.34  $\mu\text{m}$ , seguido del tratamiento T3 con valor promedio de 1149.59  $\mu\text{m}$  y T2 con un promedio 888.71  $\mu\text{m}$  ( $P < 0.05$ ), valores superiores a los de un ave con dieta basal con una altura promedio de 612  $\mu\text{m}$  según lo manifestado por Van der Klis y Jansman, (2002)

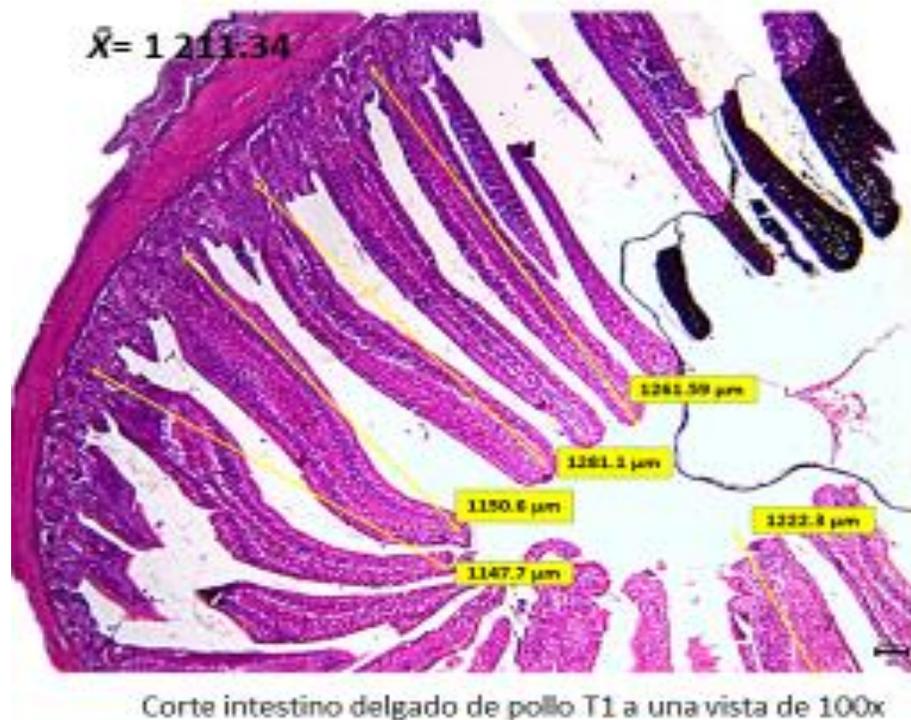


Corte intestino delgado de pollo T0 a una vista de 100x

H. E. Samli et al. (2007). también reporto en su investigación, que aquellos pollos suplementados con *Enterococcus faecium* en la dieta, presentaron los mejores resultados en la altura de las vellosidades intestinales ileales, en un promedio de 845.5  $\mu\text{m}$  en comparación al tratamiento testigo donde la altura fue de 703  $\mu\text{m}$ , esto a los 21 días.

El análisis de desarrollo y crecimiento intestinal durante 42 días demuestra que los animales bajo acción probiótica (T1, T2, T3) mostraron una mejora en los índices de desarrollo intestinal con respecto a los animales control (T0) ( $P < 0.05$ ), siendo estos los que alcanzaron mayor peso y

largo de vellosidades a la sexta semana, en contraste con aquellos alimentados únicamente con concentrado comercial que presentaron pesos (1905.2 g) y largo de vellosidades intestinales inferiores (575.09  $\mu\text{m}$ ), tal y como expresa Chávez *et al.* (2016), que reporta que la inclusión de probióticos específicamente *E. faecium*, en la alimentación de pollos de engorde, mejoraron la profundidad de criptas y el diámetro y altura de vellosidades intestinales ( $p < 0,01$ ) lo cual se refleja en una mayor ganancia de peso, desarrollo y crecimiento de órganos de importancia digestiva, específicamente intestino; lo que podría mejorar la absorción de nutrientes y por consiguiente la salud de los animales.



En cuanto a las criptas intestinales se observaron las estructuras con una profundidad menor en los tratamientos con adición de cepa probiótica reflejándose en mayores peso al final de ciclo productivo, siendo menos profundas las criptas pertenecientes al T3 con un valor promedio 147.7  $\mu\text{m}$ , seguido del T1, T2 y por último el T0 con un valor promedio de 174.38 ( $P < 0.05$ ). Concordando con lo expresado por Martínez D. (2017) quien manifestó que en las criptas se lleva a cabo la restitución de enterocitos que recubren la vellosidad y al necesitarse un reemplazo más eficiente de la capa de estos, la actividad proliferativa es también mayor en las criptas, en consecuencia, el mayor largo de las criptas está asociado a un mayor gasto nutricional.

#### 4.5. Análisis económico.

##### 4.5.1. Presupuesto parcial.

Cuadro 4. Presupuesto parcial

	Unidad	Tratamientos			
		T0	T1	T2	T3
Rendimiento promedio	Libras	102.5	120	107.5	115
Rendimiento ajustado	Libras	92.25	108	96.75	103.5
Beneficios brutos	\$/trat	96.86	113.4	101.5	108.6
Costos variables	\$	78.5	85.25	84.5	86
Costo de probiótico	\$	0	1.75	1.00	2.50
Costo concentrado	\$	52.50	52.50	52.50	52.50
Electrolitos y vitaminas	\$	0.75	0.75	0.75	0.75
Biruta de madera	\$	2.50	2.50	2.50	2.50
Mano de obra	\$	20	25	25	25
Vacunas	\$	2.75	2.75	2.75	2.75
Costos fijos	\$	45.50	45.50	45.50	45.50
Infraestructura	\$	35	35	35	35
Luz	\$/trat al mes	8	8	8	8
Agua	\$/trat al mes	2.50	2.50	2.50	2.50
Beneficios netos		18.36	28.15	17	22.6

Interpretación: El tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto fue el T1 (con adición de 1.75g de la cepa probiótica) con \$28.15, seguido por el t3 con \$22.6, el t1 con 18.36 y por último el t2 con \$17.00.

#### 4.5.2. Análisis de dominancia:

Cuadro 5. Análisis de dominancia

Tratamiento	Costos variables	Beneficios netos
T0	78.5	18.36
T2	84.5	17 D
T1	85.25	28.15
T3	86	22.6 D

Con base a lo anterior, se puede concluir que los tratamientos t2 y t3 son dominados ya que presentan beneficios netos menores y costos variables mayores, comparados con el resto de los tratamientos que poseen beneficios netos mayores y menores costos variables.

#### 4.5.3. Tasa de retorno marginal.

$$\text{TRMg} = \Delta \text{BN} / \Delta \text{CV} * 100$$

$$\text{TRMg} = 28.15 - 18.36 / 85.25 - 78.5$$

$$\text{TRMg} = 9.79 / 6.75 * 100 = 145\%$$

Esto refleja que el avicultor al invertir en la adición de *Enterococcus faecium* en la dieta de los pollos de engorde, le reproducirá una tasa de retorno marginal de 145%.

Es decir, que por cada dólar invertido en la adición de la nueva tecnología, el avicultor espera recuperar su dólar, mas \$1.45 adicional.

Debido a que la tasa de retorno marginal resulta mayor al 50%, se dice que la tecnología es rentable.

## 5. Conclusiones.

La adición de probiótico (*E. faecium*), en la alimentación para pollos de engorde demuestra tener efectos positivos sobre los parámetros zootécnicos como ganancia de peso, conversión alimenticia y pesos finales, al adicionar la dosis de 1.75 g de cepa probiótica por quintal de alimento concentrado.

*E. Faecium* demostró tener efectos favorables sobre el desarrollo y crecimiento intestinal, reflejándose en el mayor crecimiento y grosor de las vellosidades intestinales y una menor profundidad de las criptas intestinales, favoreciendo así la absorción de nutrientes y una mejor eficiencia nutricional.

Económicamente la adición de *E. faecium*, demostró tener mejor relación beneficio-costos viéndose reflejado en un aumento en el rendimiento económico para los productores y en la disminución de antibióticos en el producto de consumo final.

## 6. Recomendaciones.

Basado en los resultados de ésta investigación, el uso de *Enterococcus faecium* en la alimentación de pollos de engorde, podría convertirse en una alternativa para eliminar el uso de antibióticos como promotores de crecimiento en la industria avícola, ya que aumentan el desarrollo y crecimiento del intestino, permitiendo mejorar el aprovechamiento de nutrientes y la salud intestinal de las aves.

Continuar con la investigación sobre el uso de probióticos en alimentación avícola, ya que existe una tendencia a nivel mundial sobre la eliminación del uso de antibióticos como promotores de crecimientos que puedan afectar la microbiota intestinal y a largo plazo la salud humana.

## 7. BIBLIOGRAFIA.

- Álvarez, A. (2002). Fisiología comparada de los animales domésticos. La Habana: UNAH.
- Apajalahti, J; Kettunen, A. 2002. Efecto de la dieta sobre la flora microbiana en el tracto gastrointestinal de ave. In XVIII Curso de especialización FEDNA. (18, 2002, Barcelona, España). Dieta y microflora de las aves. Kantvik, Finland. P 41-42.
- Asociación de avicultores de El Salvador AVES. 2017. Avicultura en El Salvador Sv. Consultado el 10 de junio de 2016. Disponible en: <http://grupolah.com/avesweb/la-industria/>
- Chávez, L. 2014. Evaluación de cepas probióticas (*L. acidophilus*, *L. casei* y *E. faecium*) como inmunomoduladores nutricionales en pollos de engorde. Master en Ciencias Agrarias. Medellín. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Chávez, L.A., López, A. y Parra, J. E. 2016. Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. Medellín. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. P 51-52
- Cobos, M.A, Reyes, I. Figueroa, J.L, Sánchez-Torres, M.T, Zamora, V y Cordero, J.L. 2006. Probiótico (*Enterococcus faecium*) adicionado a dietas estándar y con baja proteína para cerdos. Estado de México, MX. Programa de ganadería. Campus Montecillo, P 10.
- Doyle, F. y Slesson, S. (2000). Crecimiento compensatorio de animales de granja. Recuperado el 18 de 02 de 2017, de
- Estrada M. Márquez S., 2005. Interacción de los factores ambientales con la respuesta de comportamiento productivo en pollos de engorde. Tesis. Medellín, Colombia. Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia. P 248
- Garlich, J.D. 1999. Microbiología del tracto intestinal aviar. College Of Agriculture and liife Sciences. USA.
- González, EA. 1986-1997. Alimentación de las aves. 2 ed. Distrito Federal, MX. Editorial Trillas. P. 35-40.
- Kieny, M.P. 2017. Bacterias for which new antibiotics are urgently needed. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Lamana, J. 2012. El Problema de la resistencia bacteriana a los antibióticos: un reto para la salud pública y la ganadería de la UE. (En línea), Unión Europea. Disponible en:
- Lata, J. 2005. Labelling and content evaluation of comercial veterinary probiotics. Acta veterinaria 75:139.
- López, M. Domingo, D. 2007. Antibioticoterapia con probióticos. La Princesa, ES. Prous science. P 12.
- Martínez, D. 2017. Desarrollo de un sistema de variables histológicas como indicadores de salud intestinal y eficiencia nutricional. Lima, Perú. P 8-15

- Mediavilla E. R. 1987. Enfermedades de las Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Segunda Edición. México. Editorial Trillas. 103-114 pg.
- Montalvo. C. 2010. Técnicas Histológicas, D.F, México. Universidad Autónoma de México. 1-196 pg.
- Moriñigo, A. 2002. Effect of heat-inactivated fish and nonfish derived probiotics on the innate immune parameters of a teleost fish (*Sparus aurata* L.). *vet immunol immunopathol.*; 111: 279-286.
- O'Neill, J. 2016. Tackling drug resistant infections globally: Final report and recommendations. Reino Unido. HM Government.
- Ortiz N; Segovia M; Morazán F.2010. Uso de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en estado fresco, como complemento proteico en la alimentación de pollos de engorde, a diferentes porcentajes en la ración en el municipio y departamento de San Vicente, El Salvador, C.A. Tesis Ing. Agro. San Salvador, El Salvador. UES.
- Ortiz. A. 2005. Salud intestinal. Ajuste de dietas. (en línea). Argentina. Disponible en [Patterson, J.A.; Burkholder, K.M. 2003. Aplicación de probióticos y prebióticos la producción avícola \(en línea\). Department of animal sciences, Purdue University, West Lafayette. Indiana. Disponible en](#)
- Pérez C. Breñez W., 1998 Efecto del horario de alimentación sobre la mortalidad y conversión en pollos de engorde. Tesis. Maracaibo, Estado de Zulia, Venezuela. Universidad de Zulia. P 304.
- Prats. C.A. 1999. Establecimiento de un protocolo experiemetal para determinar la adherencia *in vitro* de Lactobacilos a las células intestinales del cerdo. Tesis de Maestría en Radioquímica Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Pratt, E.V, Ros, S.P. y Keeling, A. 2002. Effect of ambient temperatura on losses of volatile nitrogen compounds from stored laying hen manure. *Bioresources Tech.*
- Romero, H, 2002. Efecto de la utilización de un suplemento nutricional hidratado en pollos de engorde recién nacidos. *Revista Colombiana de ciencias pecuarias.* 15, 319-329.
- Rondón, A.J; Samaniego, L.M; Bocourt, R; Rodríguez, S; Milián, G; Ranilla, M.J; Laurencio, M; Pérez, M. 2008. Aislamiento, identificación y caracterización parcial de las propiedades probióticas de cepas de *Lactobacillus sp.* Procedentes del tracto gastrointestinal de pollo de ceba. León, España. Facultad de veterinaria. Universidad de León.
- Swensson, M. (1999). The digestive system. In: *The domestic animal physiology.*
- Samli, H.E, Senkoylu, N. Koc, F. Kanter M, Agma A, 2007. Effects of *Enterococcus faecium* and dried whey on broiler performance, gut histomorphology and intestinal microbiota. *Tekirdag, Turkey, Namik Kemal University, Department of Animal Science,* P 3-8.
- Trautman, D. y Febiger, J. 1970. Histología y anatomía microscópica de los animales domésticos. Editorial Grijalbo, Valencia 225-241.

Torshizi K, Moghaddam A.R, Rahimi Sh, Mojgan. N, 2010. Assessing the effect of administering probiotics in water or as a feed supplement on broiler performance and immune response. Karaj, Iran. Department of Biotechnology, Razi Vaccine and Serum Research Institute. P. 1-8.

Van der. K y Jansman, 2002. Actuaciones nutricionales para mitigar problemas de salud intestinal en aves. Manager poultry research, Schothorst feed research.

## 8. Anexos



Figura A-1. Instalaciones



Figura A-2 Comederos



Figura A-3 Balanza Digital



Figura A-4 Pre-mezcla de Cepa probiótica



Figura A-5. Concentrado con cepa probiotica



Figura A-6 Desinfectante Comercial.



Figura A-7 Recibimiento de los pollitos



Figura A-8. Identificación de Pollitos



Figura A-9. Distribución de las aves.



Figura A-10 alimentación de pollitos



Figura A-11 Toma de pesos.



Figura A-12 Vitaminas y Electrolitos



Figura A-13 Vacunación de pollitos.



Figura A-14 Sacrificio.



Figura A-15. Pesaje de intestinos.



Figura A-16. Preparación de formalina al 10%



Figura A-17 Tallado de muestras.



Figura A-18. Sistema de procedimiento manual de muestra.



Figura A-19. Proceso de inclusión de parafina



Figura A-20. Enfriador y máquina de bloqueo.

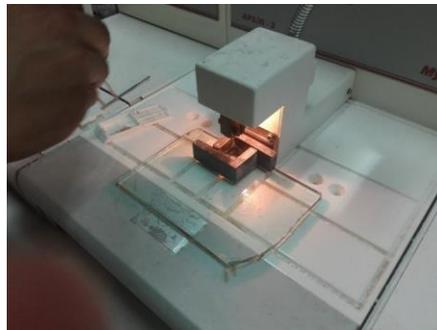


Figura A-21. Realización de bloques de parafina.



Figura A-22. Bloques de parafina.



Figura A-23. Micrótopmo de rotación.



Figura A-24 Bateria de tinción.



Figura A. 25 Muestras procesadas.

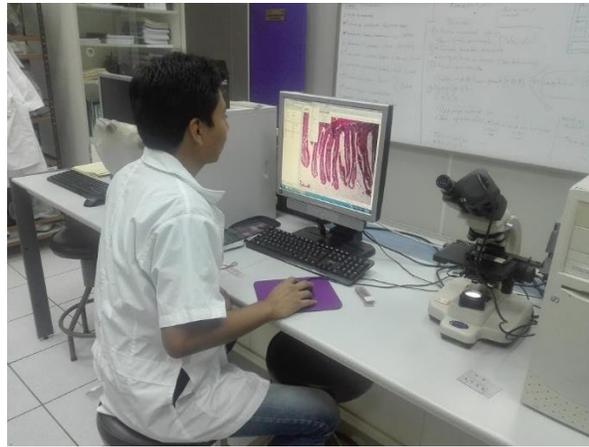


Figura A-26. Evaluación microscópica y análisis morfométrico de imágenes.

Tabla A-1. Pesos Semanales de tratamiento T0

T1: CONCENTRADO + 1.75 G DE PROBIOTICO													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	□	∑
S1	179.2	182.4	183.7	178.1	182.2	179.7	177.7	180.1	174.3	179	189.1	<b>1985.5</b>	<b>180.5</b>
S2	490.1	487.5	480.4	490.3	489.9	487.1	488	481	493.2	491.1	491.6	<b>5370.2</b>	<b>488.2</b>
S3	865.4	871	869.4	868.9	868.1	872	865.8	862.4	873.4	869,1	859.9	<b>9545.8</b>	<b>867.8</b>
S4	1266	1264.1	1268.3	1262.9	1264.3	1268.2	1262.7	1265	1263.4	1265.2	1266	<b>13916.1</b>	<b>1265.1</b>
S5	1714.3	1717.2	1713.1	1717.6	1712.9	1711.5	1715.3	1714	1715.1	1715	1719	<b>18865</b>	<b>1715</b>
S6	2193.2	2196.3	2197.8	2195	2194.9	2189	2199.3	2194.3	2190	2198.5	2201.1	<b>24149.4</b>	<b>2195.4</b>
□	<b>6708.2</b>	<b>6718.5</b>	<b>6712.7</b>	<b>6712.8</b>	<b>6712.3</b>	<b>6707.5</b>	<b>6708.8</b>	<b>6696.8</b>	<b>6709.4</b>	<b>5848.8</b>	<b>6726.7</b>		

Tabla A-2. Pesos semanales promedios de tratamiento T1

T1: CONCENTRADO + 1.75 G DE PROBIOTICO													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	□	∑
S1	179.2	182.4	183.7	178.1	182.2	179.7	177.7	180.1	174.3	179	189.1	<b>1985.5</b>	<b>180.5</b>
S2	490.1	487.5	480.4	490.3	489.9	487.1	488	481	493.2	491.1	491.6	<b>5370.2</b>	<b>488.2</b>
S3	865.4	871	869.4	868.9	868.1	872	865.8	862.4	873.4	869,1	859.9	<b>9545.8</b>	<b>867.8</b>
S4	1266	1264.1	1268.3	1262.9	1264.3	1268.2	1262.7	1265	1263.4	1265.2	1266	<b>13916.1</b>	<b>1265.1</b>
S5	1714.3	1717.2	1713.1	1717.6	1712.9	1711.5	1715.3	1714	1715.1	1715	1719	<b>18865</b>	<b>1715</b>
S6	2193.2	2196.3	2197.8	2195	2194.9	2189	2199.3	2194.3	2190	2198.5	2201.1	<b>24149.4</b>	<b>2195.4</b>
□	<b>6708.2</b>	<b>6718.5</b>	<b>6712.7</b>	<b>6712.8</b>	<b>6712.3</b>	<b>6707.5</b>	<b>6708.8</b>	<b>6696.8</b>	<b>6709.4</b>	<b>5848.8</b>	<b>6726.7</b>		

Tabla A-3. Pesos promedios semanales de tratamiento T2

T2: CONCENTRADO + 1 G DE PROBIOTICO													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	□	∑
S1	183.1	178.5	183.3	184.3	184.9	176.4	185.2	184	183.2	183.3	191.2	<b>2017.4</b>	<b>183.4</b>
S2	420.1	419	419.4	421.2	418.5	422	415.4	423.7	418.6	419.1	413.1	<b>4610.1</b>	<b>419.1</b>
S3	751	767.1	774	759.9	768.5	762.1	764.7	762.8	772.2	760.3	754.8	<b>8397.4</b>	<b>763.4</b>
S4	1149.3	1140.3	1153.2	1160	1153.2	1147.3	1146.7	1165.2	1157.3	1151.8	1148.8	<b>12673.1</b>	<b>1152.1</b>
S5	1563.4	1562.8	1565.1	1559.8	1560.7	1562	1561.3	1563.2	1560.5	1559.8	1567.8	<b>17186.4</b>	<b>1562.4</b>
S6	1992.1	1995.6	1997.3	1995.2	1992.4	1989.1	1994.8	1997.4	1990.6	1992.1	2001.7	<b>21937.3</b>	<b>1994.3</b>
□	<b>6059</b>	<b>6063.3</b>	<b>6092.3</b>	<b>6080.4</b>	<b>6078.2</b>	<b>6058.9</b>	<b>6068.1</b>	<b>6096.3</b>	<b>6082.4</b>	<b>6066.4</b>	<b>6077.4</b>		

Tabla A-4. Pesos promedios semanales de tratamiento T3

T3: CONCENTRADO + 2.5 G DE PROBIOTICO													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	□	⌋
S1	182.4	183	180.5	183.6	181.1	179.4	181.4	182.2	178.4	183.1	178.1	1993.2	181.2
S2	470.2	493.3	485	481.1	487.9	481	479	483.1	485.4	482.7	473.5	5304.2	482.2
S3	840.3	856.9	859.1	843.8	853.2	842.5	845.9	851.3	849.1	850	844.7	9336.8	848.8
S4	1249.7	1240.9	1244.2	1250.6	1244.6	1234.1	1235.6	1256.3	1239.3	1246.6	1254.2	13696.1	1245.1
S5	1661.2	1671.2	1672	1659.3	1669.2	1671.6	1667.2	1668.3	1665.9	1663.8	1684.9	18354.6	1668.6
S6	2101.3	2104.4	2098.1	2107.6	2105.2	2108.1	2103.1	2110.3	2100.6	2106.7	2096.4	23141.8	2103.8
□	6505.1	6549.7	6538.9	6526	6541.2	6516.7	6512.2	6551.5	6518.7	6532.9	6531.8	-	-

Tabla A-5. Ganancia de peso semanal.

Semanas	Tratamiento 0	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
S1	17.6	17.6	17.96	17.7
S2	30.1	40.22	29.8	39.9
S3	39.3	47	42.4	46
S4	42.9	50	47.7	48.91
S5	47.1	56.28	50.5	51.9
S6	53.4	58.75	53.6	52.6

Tabla A-6. Conversión alimenticia.

Semanas	Tratamiento 0	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
S1	2.59	2.59	2.55	2.58
S2	2.36	2.3	2.35	2.3
S3	2.53	2.33	2.45	2.38
S4	2.38	2.05	2.25	2.08
S5	2.26	1.94	2.13	2.02
S6	2.19	1.9	2.09	1.98

Tabla A-7. Datos de análisis morfométrico tratamiento T0.

<b>TO: CONCENTRADO</b>			
<b>Pollos</b>	<b>Largo de vellosidades.</b>	<b>Ancho de vellosidades.</b>	<b>Profundidad de criptas.</b>
<b>P1</b>	466.82	130.5	102
<b>P2</b>	545.2	147.8	125.1
<b>P3</b>	566.7	135.6	125.4
<b>P4</b>	596.5	142.7	171.3
<b>P5</b>	669.15	142.3	195.22
<b>P6</b>	469.1	145.6	194.4
<b>P7</b>	664	143.6	185.6
<b>P8</b>	614.2	135.5	196.4
<b>P9</b>	554.8	157.8	189.6
<b>P10</b>	614.2	135.8	194.2
<b>P11</b>	565.3	145.6	172.3
	<b>575.09</b>	<b>142.07</b>	<b>168.32</b>

Tabla A-8. Datos de análisis morfométrico tratamiento T1.

<b>T1: CONCENTRADO 1.75 G DE PROBIOTICO</b>			
<b>Pollos</b>	<b>Largo de vellosidades.</b>	<b>Ancho de vellosidades.</b>	<b>Profundidad de criptas</b>
<b>P1</b>	1261.59	115.1	156.6
<b>P2</b>	1175.1	120.55	170
<b>P3</b>	1102.2	143.6	159.02
<b>P4</b>	1222.3	149.2	167.12
<b>P5</b>	1329.3	140.8	168.5
<b>P6</b>	1150.6	133.7	168.26
<b>P7</b>	1248.2	134.5	167.08
<b>P8</b>	1281.1	129.07	152.04
<b>P9</b>	1147.7	129.9	162
<b>P10</b>	1240.3	137.2	161.6
<b>P11</b>	1166.3	118.9	175.12
	<b>1 211.34</b>	<b>132.05</b>	<b>164.30</b>

Tabla A-9. Datos de análisis morfométrico tratamiento T2.

<b>T2: CONCENTRADO 1 G DE PROBIOTICO</b>			
<b>Pollos</b>	<b>Largo de vellosidades.</b>	<b>Ancho de vellosidades.</b>	<b>Profundidad de criptas.</b>
<b>P1</b>	908.81	137.59	177.38
<b>P2</b>	897.65	127.03	168.92
<b>P3</b>	843.01	128.2	179.54
<b>P4</b>	867.52	132.54	186.28
<b>P5</b>	907.86	115.79	178.68
<b>P6</b>	878.77	130.08	176.24
<b>P7</b>	899.32	116.88	175.54
<b>P8</b>	899.9	118.42	176.48
<b>P9</b>	897.4	122.06	180.44
<b>P10</b>	870.7	120.64	160.34
<b>P11</b>	904.88	134.98	158.44
<b>∑</b>	<b>888.71</b>	<b>125.84</b>	<b>174.39</b>

Tabla A-10. Datos de análisis morfométrico tratamiento T3.

<b>T3: CONCENTRADO 2.5 G DE PROBIOTICO</b>			
<b>Pollos</b>	<b>Largo de vellosidades.</b>	<b>Ancho de vellosidades.</b>	<b>Profundidad de criptas.</b>
<b>P1</b>	1237.5	175.4	148.5
<b>P2</b>	1257.8	173.8	136.1
<b>P3</b>	1093.8	134.2	145.5
<b>P4</b>	1118.7	161.48	143.06
<b>P5</b>	1071.3	120.9	115.5
<b>P6</b>	1100.8	193.72	160.54
<b>P7</b>	1126.2	193.4	160.1
<b>P8</b>	1148.7	1080.4	157.4
<b>P9</b>	1163.5	193.5	151.4
<b>P10</b>	1161.1	196	158.7
<b>P11</b>	1165.8	157.8	147.9
	<b>1 149.56</b>	<b>252.78</b>	<b>147.7</b>

Shapiro-Wilks (modificado)

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T0	Observaciones	11	1905.20	4.81	0.92	0.4248
T1	Observaciones	11	2195.40	3.75	0.95	0.7585
T2	Observaciones	11	1994.39	3.61	0.96	0.8299
T3	Observaciones	11	2103.80	4.36	0.95	0.7803

Tabla A-11. Prueba de Shapiro- Wilks para la variable pesos finales

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n (2)	Var (1)	Var (2)	F	p	prueba
Observaciones	{T0}	{T1}	11	11	23.11	14.05	1.65	0.4450	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T2}	11	11	23.11	13.00	1.78	0.3786	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T3}	11	11	23.11	19.01	1.22	0.7639	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T2}	11	11	14.05	13.00	1.08	0.9055	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T3}	11	11	14.05	19.01	0.74	0.6411	Bilateral
Observaciones	{T2}	{T3}	11	11	13.00	19.01	0.68	0.5592	Bilateral

Tabla A-12. Prueba F para igualdad de varianzas para la variable pesos finales

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Observaciones	44	1.00	1.00	0.20

Tabla A-13. Análisis de varianza para variable pesos finales.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	529041.10	3	176347.03	10197.76	<0.0001
Tratamientos	529041.10	3	176347.03	10197.76	<0.0001
Error	691.71	40	17.29		
Total	529732.81	43			

Tabla A-14. Cuadro de análisis de varianza..

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.75284

Error: 17.2927 gl: 40

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T0	1905.20	11	1.25	A
T2	1994.39	11	1.25	B
T3	2103.80	11	1.25	C
T1	2195.40	11	1.25	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla A-15. Prueba estadística para variables pesos finales

Shapiro-Wilks (modificado)

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T0	Observación	11	142.07	7.52	0.95	0.7481
T1	Observación	11	132.05	10.70	0.95	0.7629
T2	Observación	11	125.84	7.54	0.91	0.3883
T3	Observación	11	180.05	12.14	0.86	0.1091

Tabla A-16. Prueba de Shapiro- Wilks para variable ancho de vellosidades Intestinales.

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Observación	{T0}	{T1}	11	11	56.62	114.53	0.49	0.2820	Bilateral
Observación	{T0}	{T2}	11	11	56.62	56.91	0.99	0.9936	Bilateral
Observación	{T0}	{T3}	11	11	56.62	147.41	0.38	0.1472	Bilateral
Observación	{T1}	{T2}	11	11	114.53	56.91	2.01	0.2855	Bilateral
Observación	{T1}	{T3}	11	11	114.53	147.41	0.78	0.6975	Bilateral
Observación	{T2}	{T3}	11	11	56.91	147.41	0.39	0.1493	Bilateral

Tabla A-17. Prueba F para igualdad de varianzas para variable ancho vellosidades intestinales.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Observación	44	0.84	0.83	6.68

Tabla A-18. Prueba F para igualdad de varianzas para variable ancho vellosidades intestinales.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19496.11	3	6498.70	69.23	<0.0001
Tratamientos	19496.11	3	6498.70	69.23	<0.0001
Error	3754.67	40	93.87		
Total	23250.78	43			

Tabla A-19. Cuadro de análisis de varianza.

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.07331**

Error: 93.8669 gl: 40

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	125.84	11	2.92	A
T1	132.05	11	2.92	A B
T0	142.07	11	2.92	B
T3	180.05	11	2.92	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla A-20. Prueba estadística para variables ancho vellosidades intestinales.

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T0	Observaciones	11	575.09	66.86	0.91	0.3639
T1	Observaciones	11	1211.34	68.28	0.96	0.8267
T2	Observaciones	11	896.89	38.29	0.86	0.1047
T3	Observaciones	11	1149.56	57.58	0.92	0.4370

Tabla A-21. Prueba de Shapiro- Wilks para variable largo de vellosidades Intestinales.

**Prueba F para igualdad de varianzas**

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Observaciones	{T0}	{T1}	11	11	4469.74	4661.64	0.96	0.9483	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T2}	11	11	4469.74	1466.02	3.05	0.0932	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T3}	11	11	4469.74	3315.07	1.35	0.6455	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T2}	11	11	4661.64	1466.02	3.18	0.0821	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T3}	11	11	4661.64	3315.07	1.41	0.5999	Bilateral
Observaciones	{T2}	{T3}	11	11	1466.02	3315.07	0.44	0.2143	Bilateral

Tabla A-22. Prueba F para igualdad de varianzas para variable largo de vellosidades intestinales.

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Observaciones	{T0}	{T1}	11	11	4469.74	4661.64	0.96	0.9483	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T2}	11	11	4469.74	1466.02	3.05	0.0932	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T3}	11	11	4469.74	3315.07	1.35	0.6455	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T2}	11	11	4661.64	1466.02	3.18	0.0821	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T3}	11	11	4661.64	3315.07	1.41	0.5999	Bilateral
Observaciones	{T2}	{T3}	11	11	1466.02	3315.07	0.44	0.2143	Bilateral

Tabla A-23. Análisis de varianza para variable largo Vellosidades intestinales.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Observaciones	44	0.95	0.95	6.15

Tabla A-24. Cuadro de análisis de varianza.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2763539.29	3	921179.76	264.85	<0.0001
Tratamiento	2763539.29	3	921179.76	264.85	<0.0001
Error	139124.73	40	3478.12		
Total	2902664.02	43			

Tabla A-25. Prueba estadística para variables largo vellosidades intestinales.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=67.40523

Error: 3478.1182 gl: 40

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	575.09	11	17.78	A
T2	896.89	11	17.78	B
T3	1149.56	11	17.78	C
T1	1211.34	11	17.78	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla A-26. Prueba de Shapiro- Wilks para variable profundidad de criptas Intestinales.

Shapiro-Wilks (modificado)

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T0	Observaciones	11	177.40	9.32	0.89	0.2229
T1	Observaciones	11	163.39	6.52	0.97	0.9260
T2	Observaciones	11	174.39	8.50	0.87	0.1419
T3	Observaciones	11	149.52	9.06	0.88	0.1878

Tabla A-27. Prueba F para igualdad de varianzas para variable profundidad de criptas intestinales.

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Observaciones	{T0}	{T1}	11	11	86.83	42.56	2.04	0.2763	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T2}	11	11	86.83	72.27	1.20	0.7772	Bilateral
Observaciones	{T0}	{T3}	11	11	86.83	82.15	1.06	0.9319	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T2}	11	11	42.56	72.27	0.59	0.4168	Bilateral
Observaciones	{T1}	{T3}	11	11	42.56	82.15	0.52	0.3147	Bilateral
Observaciones	{T2}	{T3}	11	11	72.27	82.15	0.88	0.8434	Bilateral

Tabla A-28. Análisis de varianza para variable profundidad de criptas intestinales.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Observaciones	44	0.65	0.62	5.07

Tabla A-29. Cuadro de análisis de varianza.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5265.63	3	1755.21	24.74	<0.0001
Tratamientos	5265.63	3	1755.21	24.74	<0.0001
Error	2838.09	40	70.95		
Total	8103.71	43			

Tabla A-30. Prueba estadística para variables profundidad de criptas intestinales.