



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

*Alternativas a los antibióticos promotores del crecimiento
(APC) en el comportamiento productivo en pollo de engorda
en crecimiento*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOTECNISTA

P R E S E N T A

ALFREDO ADRIAN HERRERA GALICIA

Asesor: Dr Arturo Cortés Cuevas

Coasesores: MC Jorge Miguel Iriarte

MC Juan Carlos Valladares de la Cruz

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento (APC) en el comportamiento productivo en pollo de engorda en crecimiento.

Que presenta el pasante: ALFREDO ADRIAN HERRERA GALICIA
Con número de cuenta: 41201520-9 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de noviembre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dr. Juan Carlos Del Río García	
VOCAL	Dr. Arturo Cuevas Cortes	
SECRETARIO	M. en C. Celso López López	
1er. SUPLENTE	M.V.Z. Francisco Javier Cervantes Aguilar	
2do. SUPLENTE	M.V.Z. Yuliana Katya Hernández Tenorio	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm*

Dedicatoria

A mi padres; mi madre Rocio Galicia Arellano que fue fiel testigo de toda mi educación a lo largo de mi vida, a mi padre Gaudencio Herrera García por enseñarme que los sueños se consiguen durmiéndose tarde y levantándose temprano. Y que ambos me enseñaron que la educación es la única herencia en esta vida. Han estado conmigo en las buenas y en la malas, solo le pido a dios que estén mucho tiempo conmigo en esta vida para seguir compartiéndoles mis logros. LOS AMO TANTO.

A mis hermanos; Edgar, Gustavo y Daniel por ser ejemplo de constancia y dedicación al estudio y al esfuerzo en la vida laboral. A mis sobrinos; Valeria, Emanuel, Itzayana, Leonardo, Zuria y Julia que espero que sigan los mismos pasos que nosotros a través del estudio, que se esfuercen día con día hasta lograr sus metas.

A mis grandes amigos a lo largo de esta vida los cuales siempre nos hemos apoyado los unos a los otros; Erick Montano, Elías Montano, Mariano Montesinos, Edgar López, Ricardo Rueda, Alan Belman, Miguel Chávez, Fredy Islas, Ramón Campos, George Maldonado, Adrián Cambrón, Sergio Gonzáles, Montse Hernández y muchos más que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

Gracias Totales.

Agradecimientos

A mi Universidad Nacional Autónoma de México, por darme estudios y preparación a lo largo de mi vida como estudiante.

Al Dr Ernesto Ávila por su ayuda en este proyecto y por compartir su conocimiento conmigo. Muchas gracias.

A mi Asesor el Dr Arturo Cuevas Cortes por confiar en mí en este proyecto y en esta etapa, así como también por sus enseñanzas, paciencia y su ayuda.

Al Dr Jorge Miguel Iriarte por sus consejos, enseñanzas, regañones y por apoyarme hasta en los peores momentos. Siempre voy a estar agradecido con usted toda la vida mi amigo y asesor Dr George.

Al CEIEPAv por darme la oportunidad de estar ahí aprendiendo sobre las aves y enamorándome más de la Avicultura día con día. A los grandes doctores que me compartieron su conocimiento; Dr Tomas, Dra Elizabeth, Dr Ezequiel, Dra Pilar. Dra Alma, Dra Montse.

A mis amigos que conocí y que fueron testigos en esta etapa; Oscar, Erick, Osiris, Karina.

A la Dra Mireya Juárez por su gran apoyo en este proyecto, en el análisis de las muestras, orientación en el trabajo y por ser pieza clave en la culminación de este trabajo.

Al Lic Omar de Ojeda de la empresa CTCBIO de México por el donativo de las β -mananases empleadas en este estudio.

Al Dr Gerardo Castilla de la compañía Bayer de México por el donativo del Baymix. Grobig. BS empleado en este trabajo.

Índice

	PAGINAS
RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	28
HIPÓTESIS.....	29
METODOLOGÍA.....	30
RESULTADOS.....	33
DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	44
ANEXO.....	49

Resumen

Alfredo Adrian Herrera Galicia. Alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento (APC) en el comportamiento productivo en pollo de engorda en crecimiento.

Con la finalidad de investigar el efecto de emplear probióticos y enzimas como alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento sobre los parámetros productivos, integridad intestinal y pigmentación de la piel, se realizó el siguiente experimento. Se utilizaron 288 pollos (mitad machos y mitad hembras) Ross 308[®] de 1 a 21 días de edad. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x2; donde un factor fueron 4 tratamientos y el otro factor el sexo. Cada uno de los tratamientos, tuvo 6 repeticiones de 12 pollos cada una. Los tratamientos fueron: 1) Dieta basal testigo., 2) Como 1+*Bacillus Subtilis* Baymix. Grobig. BS 100g/Ton., 3) Como 1+Enramicina, Enradin 10ppm y 4) Como1+Mananasas, Cibenza B200 500g/Ton Los resultados obtenidos indicaron efecto a sexo ($P<0.01$), siendo mayor para los machos la ganancia de peso y el consumo ($P<0.01$). Para tratamientos fue mayor la ganancia de peso y el consumo en los tratamientos que se suplementaron a la dieta testigo. En conversión alimenticia y rendimiento de la canal no hubo diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos, ni al factor sexo. Los datos de pigmentación de la piel mostraron diferencia ($P<0.01$) entre tratamientos, con menor pigmentación el testigo. En general la longitud de vellosidades, profundidad de la cripta y número de células Goblet en intestino delgado fueron mayores en los tratamientos con promotores del crecimiento respecto al tratamiento testigo. El peso del intestino fue menor ($P<0.01$) en los tratamientos con promotores del crecimiento en relación al testigo, lo que se relaciona con el mejor crecimiento y pigmentación. De resultados obtenidos se puede concluir que empleo de los diferentes promotores del crecimiento, en dietas sorgo y soya para pollos en crecimiento tuvo un mayor desempeño en los parámetros productivos e integridad intestinal.

Introducción

La Avicultura es una actividad que ha alcanzado grandes avances en las últimas décadas, y esto se debe principalmente a la acción conjunta entre genética, sanidad, manejo y nutrición. Desde el punto de vista nutricional los animales se exponen a agentes extraños a través de los diferentes alimentos utilizados, los cuales en un momento determinado podrían ocasionar una reacción inmunológica (Chávez et al., 2015). Existe una enorme biodiversidad de microorganismos en un intestino sano pues se han contabilizado más de 600 especies distintas de bacterias, con conocidos efectos beneficiosos para su hospedador como por ejemplo, digestión de nutrientes, producción de energía. Aunque en ocasiones, las variaciones en este delicado equilibrio pueden producir enfermedades. La microbiota intestinal es un sistema muy complejo y denso, tiene un impacto significativo sobre la salud y el estado inmunitario del animal. (Ortiz & Mallo, 2013). Se estima que el tracto gastro intestinal de los pollos posee cerca de 10^{13} bacterias y que solo el 10% y el 60% de aquellas han podido ser cultivadas e identificadas (Blajman et al., 2015).

El intestino es además, una importante barrera que interfiere con los patógenos, inhibiendo el crecimiento de los microorganismos dañinos, bien por exclusión competitiva, competición por los nichos ecológicos o directamente mediante la excreción de sustancias antibióticas naturales y estimulando la respuesta inmune del epitelio intestinal (Ortiz et al., 2013).

El uso de antibióticos en aves de producción fue introducido por primera vez en los años de 1940 para mejorar el crecimiento y la eficiencia alimenticia así como también reducir la mortalidad (Ha Park et al., 2016) y para protegerlas de microorganismos patógenos (aunque también actúan contra los no patógenos) Lo anterior llevó a un gran número de investigaciones sobre los efectos benéficos de estas prácticas y sus posibles implicaciones en la salud pública (Sumano Lòpez et al., 2010) por un elevado riesgo de resistencia bacteriana hacia los antibióticos, es por eso que la Unión Europea ha decidido prohibir el uso de antibióticos promotores del crecimiento (APC) en la industria avícola (Ha Park et al., 2016). Uno de los primeros reportes de resistencia en los

alimentos de los animales fue por Starr y Reynolds en 1951, después de experimentar con pavos suplementados con estreptomicina. Barnes en 1958 y Elliott/Barnes en 1959 reportaron una asociación a resistencia en pollos donde su alimento estaba suplementado con tetraciclinas. Pero en 1969 el parlamento de Suecia evidenció que existe resistencia a los antibióticos y que los genes pueden ser transmitidos del animal al humano (Dibner et al., 2005). En ese mismo año se publicó un informe en el Reino Unido donde se alertaba del posible riesgo de selección de bacterias resistentes en animales que pudieran posteriormente pasar al humano, dicho informe recomendaba que no se utilizaran como promotores del crecimiento antibióticos que pudieran también emplearse en medicina humana o antibióticos que seleccionasen resistencia cruzada. En 1970 en la entonces Comunidad Económica Europea (CEE), se publicó la directiva 70/524 sobre los aditivos en la alimentación animal donde solamente se podrían ser empleados como promotores aquellos antibióticos que tuvieran un efecto demostrado sobre el crecimiento animal, que fueran activos frente a bacterias gram positivas y que no presentaran absorción intestinal para prevenir la presencia de residuos en la carne. Se decidió eliminar como promotores aquellos antibióticos que también fueran utilizados en la medicina humana o animal. De este modo se prohibía en Europa el empleo de tetraciclinas o β -lactámicos como promotores del crecimiento en el pienso de animales (En EE.UU. todavía se emplean estos antibióticos) (Torres et al., 2002).

Los antibióticos promotores de crecimiento se utilizan en la alimentación de aves de corral, son proporcionados en dosis subterapéuticas eso para estabilizar la microflora (Kuldeep et al. 2014). Hay dos términos antibacterianos clave que típicamente se determinan para describir la efectividad de un agente microbiano contra la cepa de las bacterias: 1) concentración mínima inhibitorias (MIC) y 2) concentración bactericida mínima (MBC) (Leon 2017).

La MIC es definida como la más baja concentración de un antimicrobiano que previene el crecimiento de las bacterias (efecto bacteriostático). MBC es definido como la concentración mínima de un antimicrobiano que causa la muerte celular bacteriana (efecto bactericida). Los primeros estudios establecieron que la exposición de *Estafilococos aureus* a una concentración

sub inhibitoria de nafcilina aumentaba la susceptibilidad de fagocitosis. Mientras que la concentración sub inhibitoria de ampicilina redujo la unión de *E.coli* al uroepitelio en humanos. Incluso en esta etapa, se reconoció que los antibióticos a una concentración subinhibitoria podrían modificar las propiedades bacterianas de tal manera que las bacterias se vuelven más susceptibles al mecanismo de defensa del huésped y que la metodología tradicional de detección no detectaría dicha acción antibiótica (Leon., 2017).

Numerosas hipótesis han sido propuestas para explicar cómo los antibióticos promotores del crecimiento permiten que los animales crezcan más rápidos y de manera más eficiente. La mayoría de estos obviamente están relacionados con los efectos antibacterianos de los antibióticos;

- Reduciendo la densidad de la microbiota total en el tracto gastrointestinal.
- Promover un equilibrio microbiano gastrointestinal más favorable y/o reducir la infección subclínica
- Reducir la producción de toxinas bacterianas
- Mejor absorción de nutrientes a través de un epitelio intestinal más delgado. (Leon.,2017)
- Reducir la multiplicación de microorganismos que compiten con el animal hospedador (la fermentación de los nutrientes por bacterias es un proceso costoso en comparación con la absorción directa) (McDonald et ., 2013).

El principal modo de acción de los APC es la regulación y el mantenimiento del óptimo balance de la microflora intestinal (entre bacterias Gram negativas y bacterias Gram positivas). La microflora intestinal en equilibrio contiene más de 90% de bacterias Gram positivas (principalmente lactobacilos), pero durante etapas de estrés o trastornos digestivos el número de patógenos digestivos como *E. coli* u otras bacterias Gram negativas se incrementan llevando a un desequilibrio. (Kuldeep et al., 2014). Hay reportes en años recientes los cuales indican que el estrés calórico afecta negativamente la mucosa intestinal afectando la función de barrera contra los patógenos dejando así al hospedador más susceptible a la colonización de bacterias patógenas (Song et

al., 2014). Las bacterias Gram negativas promueven la colonización y la adherencia al epitelio intestinal causando inflamación de la mucosa intestinal reduciendo así la absorción de nutrientes a su vez retardando el crecimiento de las aves (Kuldeep et al., 2014). El intestino gasta una gran proporción de energía y proteína necesarias para el mantenimiento del animal, por lo cual, la disminución de la masa intestinal y de la renovación celular, dejará de utilizar nutrientes que se destinará a otros fines como el crecimiento. (McDonald et al 2013) Los antibióticos promotores del crecimiento pueden funcionar al inhibir los efectos negativos de la inflamación intestinal (Leon, 2017).

El aumento en el rendimiento y la reducción de los marcadores inflamatorios con antibióticos han contribuido a sugerir un inmunomodulador directo (anti-inflamatorio) para explicar el modo de acción de los APC. Una respuesta inmune óptima necesita un buen balance proinflamatorio (para eliminar el patógeno) y anti inflamatorio (para administrar la respuesta inflamatoria). La respuesta inflamatoria es esencial para la intercepción y neutralización de un material extraño que penetra las superficies del cuerpo expuestas al ambiente externo. La respuesta inmune e innata del sistema inmune que incluye las superficies de las mucosas es la primera línea de defensa contra los patógenos invasores y es el que tiene el mayor gasto metabólico del animal, cuando están son violadas por material extraño los patrones moleculares asociados a patógenos conservados (PAMPs) se encontraran primero y serán detectados por los leucocitos intra epiteliales incluyendo los fagocitos (macrófagos, células dendríticas, heterofilos (neutrófilos)). Los fagocitos se sumergen, destruyen y matan a los patógenos extracelulares (principalmente a través de un proceso basado en enzimas) y presenta el antígeno a los linfocitos T y B que comprende (IL-1, IL-6), que dirigen otras células inmune al sitio de infección y ayudan a iniciar una respuesta de proteína de fase aguda (APP) por el hígado (Leon, 2017).

En si las características sobresalientes de los antibióticos promotores de crecimiento; modifica la microflora intestinal y ayuda a mejorar el desarrollo de las aves, efectos inhibitorios sobre enzimas liberadas por los microorganismos

y sobre enzimas involucradas en el metabolismo microbiano, al adicionar los antibióticos en el alimento ocasiona un aumento de los niveles de aminoácidos en el intestino y mejora el equilibrio nitrógeno, mejora la absorción de los nutrientes del alimento debido al adelgazamiento de la pared intestinal, mejora conversión alimenticia y ganancia de peso, reduce el daño causado, previene la multiplicación de bacterias patógenas comunes (*E.coli*, *Salmonela spp*, *Streptococos spp*, *Hemophilus etc*), reducir la incidencia de diarrea, reduce el estrés y la mortalidad en los pollos al aumentar la defensa del cuerpo (Kuldeep et al., 2014).

El uso de antibióticos a través de la alimentación o el agua de bebida cuando las aves no están infectadas puede ser perjudicial ya que esto puede llevar a un desarrollo de resistencia bacteriana como *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus spp*. El continuo uso en la alimentación puede dar como resultado la presencia de residuos de antibióticos en productos avícolas, pueden causar reacciones alérgicas o hipersensibles en los consumidores. La eliminación de los microorganismos del tracto gastro gastrointestinal por el continuo uso de antibióticos puede resultar en una pérdida de vitaminas B y K. Los riesgos involucrados en los residuos de antibióticos son las reacciones alérgicas y tóxicas, pero tales reacciones en los consumidores son insignificantes, ya que solo los antibióticos que no pueden absorberse en el tracto digestivo pueden usarse como promotores de crecimiento (Kuldeep et al 2014).

Los APC más comúnmente utilizados tienen acción contra bacterias gram positivas (Leon 2017). Entre esos se encuentran; bacitracina, penicilina, virginiamicina, flavomicina, clortetraciclina, oxitetraciclina, sulfato de colistina, doxiciclina, eritromicina, aureomicina, avilamicina, tiamulina, furazolidona, lincomicinann enrofloxacin y neomicina (Kuldeep et al., 2014),

Existen cuatro grupos de antibióticos:

- **Antibióticos que impiden la síntesis del material que forma la membrana bacteriana y determina el estallido de la célula;** Se trata de compuestos de alto peso molecular (>1.200) que actúan sobre las bacterias gram positivas. Se absorbe mal por el hospedador y, por tanto,

no resulta tóxico, no dejan residuos detectables y no precisan de periodo de retirada. Ejemplos; avaporacina y la flavomicina.

- **Inhibidores de la síntesis de proteína bacteriana:** son activos, principalmente, frente a las bacterias Gram positivas, y tienen un peso molecular medio (>500). Aunque se absorben en más cantidades que los compuestos de mayor peso molecular, no tienen tiempo de retirada. Ej; Tilosina, virginiamicina.
- **Inhibidores de la síntesis de ADN;** Puede tener un amplio espectro de actividad, son de bajo peso molecular (aproximadamente 250), y requiere periodos de retirada. En esta clase de antibióticos se encuentran los nitrofuranos y los óxidos de *N*-quinoxalina.
- **Antibióticos ionóforos:** Impiden el equilibrio electrolítico (Na/K) de la célula bacteriana, transportando potasio al interior de la célula, que ha de utilizar energía para bombearlo al exterior posteriormente la bomba de iones deja de funcionar eficientemente y el potasio se acumula al interior de la célula. Penetra agua por ósmosis y la célula se rompe. Ejemplo; monensina sódica (McDonald et al., 2013).

Cromwell en el 2002 reveló que en animales jóvenes los antibióticos promotores del crecimiento mejoraron las tasas de crecimiento hasta en 16% y la eficiencia alimenticia hasta en 7% (Leon, 2017) mientras que el Centro de estudios agropecuarios de Europa (CEAS) en 1991 reportó que el uso de estos antibióticos promotores del crecimiento en pollo de engorda mejoraban el desempeño de crecimiento en un 4% y la eficiencia alimentaria en 5% (Baurhoo et al., 2007). La respuesta es máxima en los animales jóvenes, así como en los que consumen raciones que contienen proteínas de origen vegetal, en lugar de proteínas de origen animal (McDonald et al., 2013). Numerosos estudios han reportado que existe una modificación en la microbiota del tracto gastrointestinal por el uso de antibióticos promotores del crecimiento. Estos reportan que los antibióticos promotores del crecimiento reducen ciertas especies bacterianas (*Lactobacillus*, *streptococcus*), aumenta la abundancia de *Lactobacillus* en la ubicación proximal del tracto gastrointestinal, en regiones distales altera predominantemente la microbiota

del ileon donde predominan los *Lactobacilos* y las enterobacterias se reducen (Leon, 2017).

Nanduri en el año 2006 demostró que a una concentración mínima sub inhibitoria de amoxicilina, clortetraciclina, y enrofloxacin, inhibían la cinética de crecimiento y la expresión proteica se alteraba de *Pasteurella multocida*. (Leon 2017). Estas dosis de antibióticos sub-terapéuticas a menudo conducen a condiciones para la resistencia de las bacterias como son *Campylobacter*, *Salmonela*, *Enterococos* y *E.coly*. La propagación de esta resistencia bacteriana se puede propagar en los productos alimenticios durante la matanza y el procesamiento y eventualmente al humano. Las propiedades de la resistencia bacteriana de las bacterias pueden ser adquiridas por otros microorganismos transfiriendo su material genético en un proceso en el cual se insertan cantidades sustanciales de DNA en un cromosoma (Ha Park et al., 2016). Por condiciones como está la Unión Europea inició la prohibición sobre el uso subterapeutico de la evaporicina y no fue hasta el 1 de Enero del 2006 que fueron prohibidos totalmente todos los antibióticos promotores del crecimiento (Baurhoo et al., 2007).

Desde hace algunos años se ha estado restringiendo el uso de algunos antibióticos en la alimentación animal en todo el mundo, debido al incremento en la resistencia bacteriana a los antibióticos y su efecto residual en los productos de origen animal que pueden ser perjudiciales al humano. Sin embargo, no existen estudios científicos que corroboren la resistencia cruzada de los antibióticos como promotores de crecimiento utilizados en la nutrición de las aves con los antibióticos comúnmente utilizados en la terapéutica humana. Algunas investigaciones indican que el tracto gastrointestinal hay más de 50 tipos de bacterias, su presencia y densidad de población pueden ser modificadas por el tipo de bacterias y cambios en el ambiente. La composición de las poblaciones bacterianas presentes varía con el pH, presencia de oxígeno, y la proporción de líquidos en la ingesta en el buche, proventrículo, molleja, intestino delgado, ciegos, y colon. La *E.Coli* forma parte de la microflora normal de las aves y mamíferos; sin embargo, bajo ciertas circunstancias puede ser patógena para el pollo de engorda (Cortés et al., 2000). Mc Donald en el 2001 demostró la presencia de *Enterococos* resistentes

a los antibióticos en productos alimenticios de animales alimentados con APC (Ha Park et al., 2016).

La discontinuación de los APC ha ocasionado problemas de rendimiento del animal y una mayor incidencia de enfermedades animales como es el caso de la enteritis necrótica así como también sobre crecimiento bacteriano en intestino delgado, incremento de agua en contenidos fecales, mala absorción y mal estado del intestino. (Ha Park et al., 2016), por lo consiguiente un incremento en la morbilidad y mortalidad (Kuldeep et al., 2014).

Debido a las limitaciones que tiene el uso de antibióticos, ha sido necesario buscar productos más seguros e inocuos. A diferencia del término probiótico (para la vida), antibiótico significa contra la vida, y su acción en los microorganismos es inmediata. Sin embargo, el efecto de los probióticos no es inmediato, pero sí por un periodo más prolongado. Otro aspecto importante que diferencia a los probióticos de los antibióticos es que los primeros son inmunoestimulantes y los segundos son inmunosupresores (García et al., 2005).

Probióticos

La suplementación con probióticos en la industria agrícola data desde 1960, (Ha Park et al., 2016) muchas definiciones han sido propuestas para el término de “probiótico” pero es más aceptado es: Microorganismos vivos que cuando son suministrados en cantidades adecuadas confiere beneficios de salud al hospedador como son: regulación de la homeostasis intestinal, expresión de bacteriocinas, actividad enzimática que induce la absorción y nutrición, efectos inmunomoduladores, inhibición de enzimas procarcinogenas e interferencia con la capacidad de los patógenos para colonizar e infectar la mucosa. (Gaggia et al., 2010), neutralizando las toxinas liberadas por las bacterias patógenas liberando sustancias anti entero- toxigénicas (acidolina, acidofilin, lactina) también se ha comprobado que se unen a micotoxinas presentes en el alimento, por consiguiente mejoran la digestión, la utilización de nutrientes y ayuda en el metabolismo de minerales y la síntesis de vitaminas (Biotina, Vitamina –B₁, B₂, B₁₂ y K) responsables de un metabolismo y crecimiento apropiado) (Kuldeep et al., 2014). Es por eso que el mercado probiótico actual

ha alcanzado 33.19 billones de dólares en el 2015 y se espera que alcance los 46.55 billones de dólares para el 2020. (Ha Park et al., 2016) La ingesta de bacterias probióticas podría influir sobre el desarrollo y función de órganos digestivos, específicamente el intestino, mejorando los parámetros fisiológicos, nutricionales e inmunológicos de este (Chávez et al., 2015).

Para que sea funcional un probiótico para la producción de aves debe de poseer los siguientes rasgos; la bacteria debe de ser un habitante del intestino, debe de ser capaz de adherirse a epitelio intestinal, soportar condiciones de pH en el estómago, tolerancia a las sales biliares del intestino y competir contra otros microorganismos intestinales para colonizar el tracto gastrointestinal así como también ejercer efectos benéficos en el hospedador y mantener una alta viabilidad en condiciones normales de almacenamiento y después de procesos industriales tales como la liofilización (Ha Park et al., 2016). Así mismo deben de tener carácter *generally regarded as safe* (GRAS, reconocido como seguro para la salud) y no presentar resistencia a antibióticos ni determinantes de patogenicidad (Blajman et al., 2015).

La primera característica de un suplemento probiótico es su composición, se diferencian en los que se componen de una sola cepa a una concentración muy elevada, o multi cepa en la que se pueden encontrar más de dos cepas distintas. Las bacterias usadas pueden ser "Autóctonas" del tracto gastro intestinal o también pueden ser "Alóctonas", es decir que normalmente se encuentran en otros hábitats externos. Las bacterias autóctonas son normalmente del tipo lácticas y pertenecen a los géneros *Bacillus* o *Clostridium* (Ortiz et al., 2013).

La actividad de los probióticos puede estar relacionada al género, especie o cepa. Un enfoque en la aplicación de probióticos podría ser el uso de mezclas de cepas pertenecientes a diferentes géneros o especies. Durante los primeros días de vida los patrones de colonización son inestables y los animales recién nacidos son susceptibles a los patógenos ambientales. La colonización inicial es de gran importancia para el huésped por que las bacterias modulan la expresión de los genes en las células epiteliales creando así un hábitat favorable para ellos mismos. (Gaggia et al., 2010), por estas razones es

recomendable el uso de probióticos en la alimentación pollos recién nacidos para estabilizar la microbiota intestinal, prevenir la mortalidad los primeros días del pollito; condiciones de estrés como hacinamiento, vacunación, temperatura, cambio ingredientes en la alimentación, manejo, transporte, contaminación, trastornos gastrointestinales (pérdida del apetito, pobre digestión y absorción de nutrientes) (Kuldeep et al., 2014).

Algunos autores demostraron lo anteriormente dicho sobre la aplicación de probióticos en pollitos de un día de edad donde reportan que los probióticos tienen éxito para controlar y reducir la colonización de diferentes agentes patógenos como *Salmonella*. La adaptación al periodo posterior a la eclosión puede debilitar el sistema inmune y predispone a que los agentes patógenos colonicen el tracto gastrointestinal. *Salmonella spp.* ha sido el agente que más se ha estudiado debido a su habilidad de infectar pollitos, gallinas incrementando el riesgo de contaminación a través del alimento, agua y fómites. Una variedad de cepas probióticas han sido seleccionadas para evaluar la modulación de la microbiota intestinal así como también la protección contra diferentes patógenos, particularmente ha habido un incremento en las investigaciones del efecto de la alimentación con *Lactobacillus spp.* en pollo de engorda. Se ha demostrado que cultivos probióticos a base de *Lactobacillus* reducen significativamente la enteritis por *Salmonella* (Gaggia et al., 2010).

Los probióticos tienden a referirse como cultivos bacterianos capaces de estimular la micro flora intestinal modificando el entorno gastrointestinal de manera positiva beneficiando a las bacterias benéficas y mejorando el rendimiento de crecimiento y la eficiencia de alimentación en pollos de engorde. A diferencia de los probióticos más conocidos que son sensibles y no pueden sobrevivir a altas temperaturas durante el procesamiento de alimentos, los probióticos formadores de esporas son metabólicamente inactivos y muy resistentes a las condiciones extremas (I.H et al., 2014). Las especies de *Bacillus* formadoras de esporas son ideales como productos probióticos comerciales debido a la capacidad de sus esporas para sobrevivir a condiciones ambientales adversas y almacenamiento a largo plazo, las esporas son extremadamente fuertes durante la distribución y administración en la alimentación animal (por ejemplo el peletizado) y son capaces de pasar a

través del el ácido gástrico del hospedador y entrar al intestino delgado en estado viable (Tactacan et al., 2013). Las esporas de *Bacillus subtilis* son ampliamente utilizadas como probióticos y su uso ha llevado a una modulación de la microflora intestinal para inhibir y prevenir la proliferación de patógenos es por eso que presenta mejoras a la salud, el estado inmune y el rendimiento en los pollos de engorde. El principal modo de acción de las esporas de *Bacillus subtilis* parece estar en su capacidad de crear un ambiente anaerobio dentro del intestino y favorecer el crecimiento y la proliferación de la microflora (I.H et al., 2014). Se ha encontrado que la adición de *Bacillus subtilis* en la dieta de pollos de engorde reduce los niveles de triglicéridos en suero, hígado y en la canal debido a su efectividad para limitar la tasa de síntesis de ácidos grasos reduciendo la actividad de Acetil coenzima a Carboxilasa (Kuldeep et al., 2014).

Mecanismo de acción de los probióticos

Estos productos ejercen su efecto benéfico por exclusión competitiva; es decir, la competencia por los sitios de adhesión en la superficie intestinal, por inmuno estimulación (incrementando la producción de linfocitos T y B) y por una mayor producción de ácido láctico, como se indicó dando como consecuencia una disminución en la producción de toxinas a partir de bacterias patógenas, así como un aumento de la disponibilidad de aminoácidos, vitaminas y enzimas en el tracto digestivo del animal (Cortés Cuevas et al., 2000). Ciertos microorganismos probióticos pueden expresar sitios de unión a hidratos de carbono complejos, similares a las adhesinas de la superficie celular que se encuentran en los agentes patógenos potenciales (Blajman et al., 2015). Los *Lactobacillus* se pueden dividir aproximadamente en dos grupos metabólicos; homofermentativo, convirtiendo glucosa en ácido láctico y heterofermentativo, convirtiendo la glucosa en ácido láctico, ácido acético, etanol y CO₂. Estos metabolitos reducen el pH de la luz intestinal creando un desfavorable medio ambiente para las bacterias patógenas.

Se ha documentado que ejerce un efecto antimicrobiano a través también de la producción de metabolitos tales como ácidos grasos de cadena corta. Así que el aumento de la concentración de ácido butírico reduce la infección por

salmonela mientras que una concentración elevada de ácidos grasos de cadena corta como resultado del *Bacillus subtilis* reduce el recuento de coliformes mientras aumenta la población de *Lactobacillus* en el pollo de engorda. En el caso de las bacteriocinas las cuales son péptidos sintetizados ribosómicamente o proteínas con propiedades antimicrobiales han demostrado tener un prometedor potencial de inhibición del crecimiento contra bacterias patógenas intestinales (Ha Park et al., 2016). En un estudio Murry et al. determinaron que los ácidos grasos producidos por *L.salivarius* y *Lactobacillus plantarum* como parte de su metabolismo nutricional disminuían el pH del medioambiente intestinal y afectaban de esa manera la supervivencia de bacterias patógenas, como *E.coli*, *Salmonella typhimurium* y *Clostridium perfringens*. En cuanto a la inmunidad algunos de los probióticos pueden estimular el sistema inmunitario de diversas maneras: generando una mayor actividad de macrófagos y una mayor capacidad para fagocitar partículas de microorganismos, incrementando la producción de inmunoglobulinas G y M e interferón γ , y aumentando los anticuerpos locales en las superficies mucosas (IgA) (Blajman et al., 2015). Se ha demostrado experimentalmente que la exclusión competitiva protege a los pollos contra *C. jejuni*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *Yersenia enterocolitica* y *Clostridium perfringens*. (Gaggia et al., 2010)

Probióticos más estudiados

Los probióticos más comúnmente usados; *Lactobacillus acidophilus*, *L.sporogenes*, *L.bulgaris*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. cellobiosus*, *L salivarius*, *Streptococos faecium*, *S. thermophilus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus subtilis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Enterocus faecium*, *Torulopsis spp*, *Bacillus lincheniformis* (Kuldeep et al., 2014).

- *Lactobacillus*; Unidad taxonómica amplia y heterogénea que comprende más de 100 especies diferentes pertenecientes al grupo de bacterias productoras de ácido láctico. Muchas de estas especies forman parte de la microbiota normal en humanos y animales. Varias de estas especies de este género son introducidas intencionalmente en la cadena alimenticia ya que participa en la gama de fermentaciones de comida y alimentos y se aplican como probióticos en animales y humanos.

- *Enterococos*; Perteneciente al grupo de bacterias productoras de ácido láctico. Estos microorganismos son comensales normales de los humanos y los animales. Son usados en productos alimenticios como el queso, como probióticos para humanos y animales y como aditivos en ensilajes. El uso de enterococos como probiótico sigue siendo un tema controvertido. Si bien los beneficios de algunas cepas están bien establecidas la creciente asociación de enterococos en enfermedades humanas y la resistencia a múltiples antibióticos ha despertado la preocupación con respecto a su uso como probiótico. La preocupación es de que los genes de resistencia a los antimicrobianos o genes que codifican factores de virulencia puedan ser transferidos a otras bacterias en el tracto gastrointestinal.
- *Bacillus*; Las especies de *Bacillus* son gram positivas microorganismos formadoras de esporas. Algunas especies son utilizados como suplementos alimenticios en los animales.
- *Saccharomyces*. Es un género de levadura de cerveza. *Saccharomyces cerevisiae* está muy extendido en la naturaleza y se puede encontrar en muchas partes como en las plantas, frutas y aceites así como también es incluido en alimentos y bebidas por su rol clave en los procesos de fermentación de los alimentos. *S. boulardii* es comúnmente usado como probiótico en cerdos y en rumiantes.
- *Bifidobacterium* Su presencia en grandes cantidades en el hospedador es señal clave de buena salud. Son útiles para mantener un apropiado balance de la microbiota del tracto gastro intestinal reduciendo el riesgo de infecciones patógenas. Frecuentemente son usadas en alimentos y en medicinas (Gaggia et al., 2010).

Probióticos en dietas para aves.

La adición de probióticos a la dieta lleva consigo mejoras en el desarrollo del crecimiento y en una mejor conversión alimenticia en pollo de engorda, modulación del sistema inmune en aves contra varios agentes patógenos (Kuldeep et al., 2014). En un informe realizado por Gaggia y otros 2018

informaron que la dosificación en pollos libres de patógenos específicos de 1 día de edad con una suspensión de esporas de *Bacillus subtilis* antes del desafío con *Salmonella* y *Clostridium* teniendo como resultado que el tratamiento suprimió por completo la persistencia y la colonización de ambos patógenos. Así como también en una investigación donde suplementaron doce cepas de *Lactobacillus* en una dieta de pollo de engorda encontraron que se mejoró la ganancia de peso, la conversión alimenticia y hubo efecto en la reducción de deposición de grasa abdominal, además los cultivos probióticos modulan la composición y la actividad enzimática de la microflora cecal dando como resultado un efecto probiótico significativo (Gaggia et al., 2010).

Tellez et al evaluaron el efecto protector en pollos parilleros de un suplemento de probiótico frente a un desafío con *Salmonella spp.* La administración preventiva de este suplemento permitió la disminución de la colonización del hígado, bazo y ciego en los pollos tratados (Blajman et al., 2015).

Hay pocos estudios donde se ha evaluado los atributos de calidad de la carne en pollos alimentados con una dieta adicionada con probióticos, estos estudios reportan que mejoran la calidad de la carne como la capacidad de retención de agua (WHC), suavidad, estabilidad de la oxidación de lípidos, propiedades sensoriales y seguridad microbiana (Kim et al., 2016).

Con respecto a lo anterior los resultados obtenidos en diferentes investigaciones sobre las características sensoriales de la carne son variables. Al respecto Kabir y colaboradores observaron resultados significativos al encontrar un mejor sabor en la carne de ave suplementada con probióticos; entre tanto, Pelicano y colaboradores no evidenciaron mejoras en la palatabilidad ni en el aspecto general de esta. Se ha evidenciado que *saccharomyces cerevisiae* ejerce un efecto benéfico en la ternura de la pechuga y los muslos. También manifiesta efectos sobre las grasas, ya que disminuyen la concentración de fosfolípidos de la carne, el colesterol en la yema de los huevos y la reducción de la grasa abdominal de las aves. La calidad microbiológica de la carne es otra característica que puede ser mejorada por medio de la exclusión competitiva. Los microorganismos benéficos que se establecen en el intestino generan la reducción intestinal de

bacterias con potencial zoonótico, como *Salmonella enteritidis*, *Coliformes* y *Clostridium spp*, lo cual generaría un mejor estado sanitario del producto, puesto que reduce el riesgo de infecciones alimentarias por canales contaminadas (Blajman et al., 2015).

Ventajas del uso de probióticos

- Inhibe el crecimiento de enfermedades producidas por organismos.
- Previene trastornos digestivos debido a la invasión bacteriana.
- Mejora la microbiota intestinal creando balance en la población de la microbiota intestinal.
- Armoniza la función del sistema digestivo y mejora la absorción de nutrientes.
- Mejora el consumo de alimento y la eficiencia de la conversión alimenticia.
- Aumenta la tasa de crecimiento y ganancia de peso.
- Regula el metabolismo de los lípidos y reduce el contenido de colesterol en sangre.
- Mejora la supervivencia y ayuda significativamente a la disminución de la mortalidad de pollos.
- Ayuda a mantener la salud del tracto gastro-intestinal después de la terapia de antibióticos.
- Reduce el estrés; después de la vacunación, en la medicación, transporte y cambio de alimentación.
- Estimula el sistema inmune así como también aumentan los efectos de los medicamentos y las vacunas.
- Ayuda en la desintoxicación por micotoxinas.
- Mejora la condición de la cama reduciendo el amoniaco y el contenido de agua en heces.
- Síntesis de Vitaminas B
- Producción de cadenas cortas de ácidos grasos, sin ningún efecto secundario.
- No deja residuos en la carne o el huevo.
- Es rentable y reduce los gastos en antibióticos (Kuldeep et al., 2014).

Las esporas de *Bacillus toyoi* resisten la acidez al paso por el proventrículo y molleja; al llegar al intestino delgado, revierten hacia su fase vegetativa donde ejercen su acción produciendo cambios benéficos en la flora intestinal, reduciendo la población de *E.coli* y de otras bacterias patógenas. Bajo condiciones comerciales, los pollos han mostrado un mejoramiento en la ganancia de peso y eficiencia alimentaria (Cortés et al., 2000).

Rhee en el 2004 indicó que las esporas de diferentes especies de *Bacillus* están involucradas en la activación rápida de la respuesta inmune innata del hospedador. Además algunas especies de *Bacillus* tienen la capacidad de producir diferentes enzimas exógenas incluyendo; proteasas, lipasas, celulasa, xylanasa, phytasa y queratinasa. Estas enzimas pueden ayudar para descomponer las moléculas complejas en el alimento, mejora la absorción de nutrientes, disminuye la viscosidad intestinal por los polisacáridos no almidonados (PNAs) en las dietas y disminuye la cantidad de sustrato disponible para el crecimiento de bacterias patógenas (Latorre et al., 2014).

Si bien se está instaurado el concepto de remplazar las bacterias patógenas del intestino con bacterias benéficas, aún persisten dudas sobre la eficacia de los probióticos disponibles, muchas de ellas derivadas de experiencia sin éxito con este tipo de productos ya que algunos no dieron resultados esperados. La variabilidad en los resultados puede deberse a que los probióticos proceden de otras regiones geográficas o incluso de otras especies animales, a las cepas usadas, a las dosis, a la composición de la dieta, a las estrategias de alimentación y a la intersección con otros aditivos alimenticios en la ración diaria. A su vez, el comportamiento animal en respuesta a la adición de probióticos está influenciado por múltiples factores, entre los cuales se encuentran la edad, estirpe, tipo de explotación, el uso de antibióticos, el estrés y el ambiente de crianza por lo que se consideran estos factores un punto crítico antes de utilizar estos productos (Blajman et al., 2015).

Integridad intestinal

La síntesis exagerada de citosinas proinflamatorias como la interleucina (IL-12) y el INF- γ en el intestino inflamado tiene un efecto devastador que contribuye al daño del tejido intestinal acompañado de desafíos impuestos por los patógenos

oportunistas a menudo conducen cambios aberrantes en la microbiota intestinal (Ha Park et al., 2016).

Signos típicos de una respuesta inmune en el intestino, incluye el aumento de infiltración de leucocitos en la lámina propia, cambios en la estructura intestinal como atrofia de las vellosidades e hiperplasia de los enterocitos en las criptas de Lieberkühn (Davison et al., 2008). Mecánicamente hay al menos dos efectos que contribuyen al control de las respuestas dañinas contra antígenos derivados de los no patógenos en el intestino. El primero es a la falta de respuesta debido a la falta de exposición de un antígeno particular (ignorancia oral) y el segundo debido a alguna forma de prevención activa a modulación de una respuesta, (Tolerancia oral) (Davison et al., 2008).

Esencialmente el intestino es una estructura tubular cerrada por una sola capa de células epiteliales polarizadas fijadas a una matriz extracelular conocida como la membrana basal. Para incrementar el área de superficie, muchas partes del intestino se convierten para formar estructuras protuberantes de vellosidades intercaladas con hendiduras conocidas como criptas. En estas vellosidades/criptas se encuentran enterocitos en diferentes etapas de diferenciación. Las zonas proliferativas se encuentran dentro de la unidad de cripta y el epitelio de las células madre se divide para formar células hijas que se diferencian durante la migración a lo largo de la estructura de las vellosidades o más profundamente en la base de la cripta. Los enterocitos derivados de las criptas migran a lo largo de la estructura de las vellosidad en un recorrido en espiral y sobreviven entre 48 y 96 horas (Dependiendo la longitud de las vellosidades y edad del ave) antes de perderse por la apoptosis en la punta de las vellosidades. Las estructuras definibles incluyen agregados linfoides ubicados dentro de la lámina propia; Divertículo de Meckel, Placas de Peyer (PP), tejido linfóide asociado a intestino (GALT) y las tonsilas cecales (Davison et al., 2008).

Las vellosidades del yeyuno se encuentran en forma de zigzag parecido a un patrón de onda, por lo que se ha indicado que la formación de las vellosidades en patrón de onda hace posible la mejor absorción de nutrientes que las vellosidades ordenadas en paralelo o colocadas al azar. El flujo en zigzag en el

intestino delgado permite al alimento que el paso a través del intestino tome más tiempo mejorando el contacto entre los nutrientes y la superficie de absorción (Ha Park et al., 2016).

Los probióticos inducen al incremento de la altura de las vellosidades esto activando la mitosis celular e induciendo la proliferación de células epiteliales del intestino. El incremento de la altura de las vellosidades por los probióticos es benéfico para las aves ya que incrementa el área de superficie de las vellosidades mejorando la absorción de los nutrientes. Por otra parte, cuanto más profunda sea la profundidad de las criptas habrá mayor tasa de renovación de las vellosidades y reposición de estas que puede perderse por la descamación o inflamación en respuesta a la infección por patógenos, es por esto que si hay alguna alteración en la altura de las vellosidades o en la profundidad de cripta puede conducir a una absorción deficiente de los nutrientes del alimento y de las enzimas de secreción digestivas en el tracto gastrointestinal que eventualmente van a ocasionar en las aves un desempeño y un crecimiento bajo. Los probióticos son capaces de revertir la morfología de las vellosidades cortas y delgadas que se ven afectadas negativamente por la contaminación del alimento En el caso del *Lactobacillus sakei* Probio-65 promueve la disposición ondulada de las vellosidades del yeyuno en aves. El patrón ondulado está ausente en el yeyuno del pollo cuando hay antibiótico en el alimento o cuando en este no se le adiciona algún antibiótico o probiótico. Así mismo los antibióticos dañan las vellosidades del yeyuno con un desprendimiento frecuente al final de las puntas de las vellosidades como también lesiones en las paredes del intestino y frecuentemente acompañada de adelgazamiento de la capa de moco intestinal y un mayor agotamiento de las células goblet (células caliciformes) (Ha Park et al., 2016). Las cuales son células glandulares simples que están distribuidas a lo largo del epitelio columnar que sintetizan y secretan moco en la superficie de las vellosidades. Participan en el mantenimiento del sistema inmune intestinal entregando antígenos solubles de bajo peso molecular desde la luz intestinal a un conjunto de células dendríticas intestinales debajo de la lámina propia y ayuda a la digestión y absorción de nutrientes mediante la descomposición de carbohidratos (Yu et al., 2014).

El moco es considerado un elemento esencial como una barrera para el intestino ya que actúa como un lubricante y protege las superficies mucosas de lesiones físicas y químicas y previene la entrada de agentes patógenos, las propiedades físicas y funcionales del moco son las mucinas, las cuales son glicoproteínas altamente glicosiladas. La cadena principal de proteínas de las mucinas intestinales, esta compuesta por N-acetil glucosamina (GlcNac), N-acetil galactosamina (GalNac), Galactosa (Gal), fucosa (Fuc) y ácido N-acetilneuramínico (NeuAc) y sus ésteres sulfatos todos estos son determinantes claves de sus propiedades estructurales y funcionales que afectan la adhesión bacteriana y la degradación de mucina. Existe evidencia que sugiere que la composición de la mucosa intestinal puede modular la microflora intestinal (Tsirtsikos et al., 2012).

Las aves que sufren de enteritis crónica están en un modo constante de inflamación y recuperación intestinal. Esto puede conducir a vellosidades acortadas y criptas más profundas que indican una renovación más rápida del tejido permitiendo la renovación de vellosidades según sea necesario en respuesta al desprendimiento o inflamación de patógenos o sus toxinas (Sathishkumar et al., 2013).

Enzimas

Las enzimas empleadas como aditivos en los alimentos actúan de distintas maneras. En primer lugar pueden mejorar la disponibilidad de los polisacáridos de reserva vegetal (por ej., almidón), grasas y proteínas, que están protegidas frente a las enzimas digestivas por estructuras impermeables de la pared celular. En segundo lugar, las enzimas se emplean para destruir materiales que interfieren con la digestión y absorción y utilización de los nutrientes. La principal aplicación a este respecto, ha sido para degradar fracciones de carbohidratos de las paredes celulares de los cereales, los β -glucanos y los arabinoxilanos, que son resistentes a los ataques por las enzimas digestivas. Dichos materiales impiden la digestión y absorción de otros nutrientes al formar una goma viscosa en el tracto digestivo. Para que resulten efectivas al ser incorporadas a los piensos de los animales, las enzimas deben de soportar el almacenamiento a la temperatura ambiente, el proceso de fabricación de los

alimentos (calentamiento y granulación), las amplias fluctuaciones en el pH del intestino, ser resistentes a las proteasas y tener actividad específica sobre los componentes de los alimentos en la porción anterior del tracto digestivo (McDonald et al., 2013).

Los β -mananos también referidos como beta galactomananos se encuentran en una gran variedad de ingredientes del alimento incluidos soya, girasol, grano de palma, copra y sésamo. Considerando que la harina de soya ha pasado a ser la fuente de proteína más importante en la producción de alimento a nivel mundial, los β -mananos están presentes en la mayoría de los alimentos que producimos para los animales. Los β -mananos presentes en los granos de soya son polisacáridos lineales compuestos por repeticiones de β -(1-4) manosa, β -(1-6) galactosa y/o unidades de glucosa adheridas a la cadena estructural de los β -mananos. Son de alta viscosidad, hidrosolubles y termo resistentes, sobreviven a las fases de secado /tostado durante el procesado de los granos de soya (Martinez-Cummer et al., 2013).

Entre los componentes del alimento también encontramos macromoléculas tales como las celulosas, hemicelulosas y pectinas. Estas son de difícil o casi de imposible digestión por parte de las aves y se clasifican como polisacáridos no almidonados (PNA) aunque también se conocen como factores anti nutricionales. La razón de esta pobre digestibilidad es debida a que las aves no producen las enzimas necesarias para degradar los PNAs. A diferencia de los rumiantes, las aves no poseen enzimas de origen microbiano en el estómago ni en el intestino delgado que favorecerían la digestión de los PNAs. Estas enzimas tan sólo son elaboradas por la microflora del intestino grueso cuando la absorción de los nutrientes ya ha tenido lugar. Esta incapacidad limita la inclusión de PNAs en las dietas dado que se perturba el crecimiento del animal. Una manera de superar estas limitaciones fisiológicas es añadiendo las enzimas adecuadas en el alimento. El contenido de PNAs en los diferentes tipos de cereales no es constante. En función de la variedad, del tipo de cultivo y del tiempo de almacenaje, el contenido en β -glucano y pentosano varía significativamente entre diferentes lotes de cebada o de trigo. En general, el contenido en PNAs es mucho mayor en cereales recién cosechados que en los cereales almacenados (Assela Bosch., 1996).

Los β -glucanos y los pentosanos impiden una correcta digestión y reabsorción de los nutrientes en el estómago y el intestino delgado de varias maneras;

- **Efecto jaula:** Los PNAs, constituyentes de la pared celular, retienen en el interior de la célula vegetal, nutrientes de fácil digestión, dificultando el acceso de las enzimas digestivas en su interior (efecto jaula). Este hecho limita, de manera significativa, la energía metabolizable aparente (EMA). En consecuencia se observa un menor crecimiento y un peor índice de conversión.
- **Incremento de la viscosidad intestinal:** Debido a la facilidad de absorción de agua y de hinchamiento que poseen, los PNAs forman geles en el tracto digestivo lo que conlleva a un incremento en la viscosidad del contenido intestinal. Una alta viscosidad significa un enlentecimiento del tránsito intestinal y un menor consumo de alimento por lo tanto se retarda el aporte de nutrientes, además facilita el paso de microorganismos patógenos del intestino grueso al intestino delgado. Una elevada viscosidad reduce la eficacia de las enzimas digestivas endógenas, debido a que se dificulta su acceso al sustrato. Finalmente una alta viscosidad también ocasiona un mayor consumo de agua, como consecuencia los animales presentan un menor crecimiento y un peor índice de conversión, habiendo camas sucias y peor calidad de la canal (Assela Bosch 1996).

Es por esto que la inclusión de enzimas exógenas específicamente β -mananasa que su objetivo es actuar contra los galactomananos presentes en las dietas que contengan pasta de soya y ayudar a mitigar algunos de estos efectos negativos. La inclusión en dietas de pollo de engorda ha demostrado un incremento en la disponibilidad de la energía metabolizable aparente corregida a nitrógeno (AMEn), en la ganancia de peso y en la mejora de la conversión alimenticia. Además se ha reportado que tiene beneficios inmunológicos cuando es incluida en el alimento ya que a pollos de engorda que fueron sometidos a un desafío de enteritis necrótica con especies de *Eimeria* y *Clostridium perfringens* se demostró que hubo reducción de lesiones en el intestino adicionando al alimento la enzima β -mananasa, de igual forma se ha atribuido a la reducción de material viscoso en la dieta (Latham et al., 2017).

Objetivos

- Evaluar el efecto de la adición de *Bacillus subtilis*, mananasa y enramicina en dietas sorgo-soya para pollos de engorda sobre la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia.
- Evaluar el efecto de la adición de *Bacillus subtilis*, mananasa y enramicina en dietas sorgo-soya para pollos de engorda sobre el rendimiento de canal a los 21 días.
- Medir la pigmentación amarilla de la piel de la canal en caliente y en frío en la zona aptérica lateral izquierda.
- Medir la longitud de vellosidades intestinales, profundidad de cripta y la relación vellosidades/profundidad en las tres porciones del intestino delgado (Duodeno, yeyuno e íleon)
- Obtener los pesos de intestino delgado e hígado en los diferentes tratamientos.

Hipótesis

La inclusión de *Bacillus subtilis*, Mananasa y enramicina en dietas sorgo + pasta de soya para pollos de engorda, se mejora la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia respecto a la dieta testigo.

La adición de *Bacillus subtilis*, mananasa y enramicina en dietas sorgo-soya para pollos de engorda aumenta el rendimiento de canal a los 21 días en relación al tratamiento testigo.

La suplementación de *Bacillus subtilis*, mananasa y enramicina en dietas sorgo-soya para pollos de engorda obtienen mayor pigmentación amarilla de la piel de la canal en caliente y en frío en la zona aptérica lateral izquierda.

La inclusión de *Bacillus subtilis*, Mananasa y enramicina en dietas sorgo + pasta de soya para pollos de engorda tienen mayor longitud de vellosidades intestinales, profundidad de cripta y la relación vellosidades/profundidad en las tres porciones del intestino delgado (Duodeno, yeyuno e íleon).

La incorporación de *Bacillus subtilis*, Mananasa y enramicina en dietas sorgo + pasta de soya para pollos de engorda disminuyen los pesos de intestino delgado e hígado en los diferentes tratamientos.

Metodología

El presente trabajo se desarrolló en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El CEIEPAV se localiza en la calle Manuel M. López S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán en la Delegación Tláhuac, Distrito Federal; a una altura de 2300 msnm, una Latitud Norte de 19° 18' y una Longitud Oeste 99°02'. Bajo condiciones de clima templado subhúmedo con lluvias de verano de humedad media. (INEGI, 1991)

Se emplearon 288 pollos (50% hembras, 50% machos) Ross 308[®] de un día de edad. Las aves se alojaron en jaulas de crianza automatizadas de la marca Petersime. Se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 4x2. Un factor fueron 4 tratamientos que posteriormente se señalan y el otro factor fue el sexo hembra o macho. Cada tratamiento contó con 6 repeticiones de 12 pollos cada una. Se empleó una dieta basal sorgo + soya (Ver Cuadro 1). a la cual se le adicionaron los aditivos en estudio, los cuales fueron los siguientes:

Tratamiento 1.- Dieta basal testigo

Tratamiento 2.- Como 1 + (Baymix.Grobig.BS) *Bacillus Subtilis* 100g/Tonelada¹

Tratamiento 3.- Como 1 + (Enradin) Enramicina 10ppm²

Tratamiento 4.- Como 1 + (Cibenza B200) Mananasas 500g/Tonelada³

Se pesaron a los pollos en los días 1, 7, 14 y 21 de edad, también se llevaron registros de consumo de alimento y conversión alimenticia.

Integridad de Velloidades intestinales

A los 21 días de edad, en todos los tratamientos se seleccionaron dos pollos de cada réplica (24 pollos) a los cuales se les tomaron muestras de intestino delgado, se procedió a coleccionar muestras de aproximadamente 2 cm del duodeno (tercio medio del asa duodenal), yeyuno (5 cm antes del divertículo de

¹ Esporas de *Bacillus Subtilis* (1×10^{10} /UFC/g),

² Enramicina (10ppm) equivalente a 125g/Ton de Enradin

³ Cibenza (800.000 U/Kg)

meckel) e íleon (2 cm antes de los sacos ciegos), utilizando agua para el retiro del contenido intestinal y de esta forma limpiar los fragmentos del intestino. La técnica de fijación usada fue por perfusión intraluminal e inmersión en formalina al 10% amortiguada a pH de 7.2, posteriormente fueron procesadas por las técnicas de rutina; inclusión en parafina y tinción de PAS. Finalmente se realizaron las mediciones de la longitud de las vellosidades intestinales, profundidad de cripta y conteo de células Goblet en sus diferentes porciones.

Los cortes histológicos fueron evaluados en un aumento total de 10X, con un microscopio fotónico (Motic BA310[®]) adaptado a una cámara para microscopía digital y conectado a un equipo de cómputo, mediante el software LAS EZ le Leica.

Las vellosidades intestinales así como la profundidad de cripta se midieron en orientación longitudinal desde la base de la punta de cada una de ellas obteniendo valores de μm . Se analizaron 5 vellosidades por cada corte histológico, de esas mismas se llevó a cabo el conteo de las células Goblet y 5 mediciones de profundidad de cripta de cada una de las partes del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon). (Figuras 1 -22)

Pigmentación y rendimiento de canal

A los 21 días de crianza, se seleccionaron 54 aves por tratamiento (en el rastro del CEIEPAv). Las aves, antes del sacrificio fueron sometidas a 8 horas de ayuno, se identificaron y se pesaron individualmente, para sacar rendimiento de la canal, posteriormente fueron colgadas en ganchos para su sacrificio. Cada ave se sometió al protocolo de la sala de sacrificio; primero se colgaron en los ganchos de la cadena transportadora, se insensibilizarán por medio de un aturdidor comercial bajo los parámetros de 25 volts, 0.25 amp y 460 Hz de corriente directa del tipo pulsátil. El sacrificio se realizó por corte unilateral en cuello para ser desangrados. Inmediatamente después se escaldaron en tanques de agua a 53°C durante un minuto y fueron desplumadas manualmente. La evisceración, se realizó manualmente cortando la cloaca circularmente y haciendo un segundo corte perpendicular al corte de la cloaca para facilitar la extracción de las vísceras. La molleja, intestinos, hígado, corazón, bazo, y finalmente buche fueron extraídos. Las canales fueron pesadas y se procedió a separar la cabeza y patas, posteriormente se volvieron

a pesar las canales. Por otro lado, se midió en caliente y en frío la pigmentación de la piel en la zona apterica lateral izquierda (región de la grasa de la pechuga) con un fotolorímetro de reflectancia Minolta CR-400 el amarillamiento.

Peso de los órganos

Posterior al sacrificio al momento del eviscerado de las 54 aves por tratamiento se registraron y almacenaron los hígados y los intestinos desde el asa duodenal hasta las tonsilas cecales de cada pollo, para así llevar a cabo el pesaje de estos dos órganos.

Análisis estadístico.

Los datos de las variables obtenidas, se analizaron conforme un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2x4; un factor será el sexo y el otro los cuatro tratamientos. En caso de existir diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos los datos se someterán a un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

Resultados

Los resultados promedio de los efectos principales para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de la canal se pueden observar en el Cuadro 2. Los datos del factor tratamiento para ganancia de peso indicaron diferencia estadística ($P < 0.01$) entre tratamientos con menor ganancia de peso en el tratamiento testigo respecto a los tratamientos con *Bacillus subtilis*, enramicina y mananasas. Para el factor sexo la ganancia de peso fue mayor ($P < 0.01$) en los machos respecto a las hembras. Los resultados del factor tratamiento para consumo de alimento nuevamente indicaron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) con menor consumo en el tratamiento testigo seguidos de los tratamientos con enramicina, mananasas y *Bacillus subtilis* respectivamente. Para el factor sexo, el consumo fue mayor ($P < 0.01$) en los machos respecto a las hembras. Sin embargo los resultados obtenidos para conversión alimenticia para el factor tratamiento y factor sexo no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$). Así mismo en los datos arrojados para el factor tratamiento sexo en el rendimiento decanal nuevamente no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados promedios de los efectos principales para pigmentación en canal caliente y canal fría se pueden observar en el Cuadro 3. Los datos para pigmentación de la canal caliente indicaron diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con menor pigmentación en el tratamiento testigo seguidos por los tratamientos con Mananasas, *Bacillus subtilis* y enramicina respectivamente.

Los resultados promedios de los efectos principales para pesos de intestinos e hígados, se pueden observar en el Cuadro 4. Los datos para peso de intestino indicaron diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con mayor peso en el tratamiento 1 respecto a los tratamientos con los diferentes promotores del crecimiento. Para el factor sexo hubo cambios significativos ($P < 0.01$) siendo las hembras las que tuvieron menor peso de los intestinos en relación a los machos. Los datos obtenidos para peso de hígado no indicaron diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo para el factor sexo existió diferencia

($P < 0.01$) entre sexos, con mayor peso del hígado en el macho respecto a la hembra.

Los resultados promedios de los efectos principales para longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet de la porción intestinal de duodeno se pueden observar en el Cuadro 5. Los datos del factor tratamiento para longitud de vellosidades indicaron diferencia estadística ($P < 0.01$) entre los tratamientos, con menor longitud de vellosidades en el tratamiento 1, sin embargo los tratamientos 2,3 y 4 tuvieron mayor longitud de las vellosidades. Para el factor sexo la longitud de vellosidades de duodeno no presentó un cambio significativo. Los resultados del factor tratamiento profundidad de cripta indicaron diferencia ($P < 0.01$) con menor profundidad el tratamiento 1 y 2 en comparación con los tratamientos 3 y 4. Para el factor sexo la profundidad de cripta fue mayor ($P < 0.01$) en los machos respecto a las hembras. Los resultados para el factor tratamiento, el conteo de células Goblet indicaron diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con menor conteo de células Goblet el tratamiento 2 seguido por el tratamiento 1 en comparación con los tratamientos con Enamicina y manananasas. Así mismo los datos arrojados por el factor sexo fue mayor ($P < 0.01$) en hembras respecto a los machos.

Los resultados promedios de los efectos principales para longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet de yeyuno se pueden observar en el Cuadro 6. Las cifras del factor tratamiento para longitud de vellosidades de yeyuno no indicaron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre tratamientos, así mismo los datos arrojados por el factor sexo no mostraron diferencia ($P > 0.05$). Los resultados de la profundidad de cripta mostraron cambios significativos ($P < 0.01$) con menor profundidad de cripta en el tratamiento testigo seguidos por los tratamientos con Enramicina, manananasas y Bacillus subtilis. Sin embargo los datos arrojados para el factor sexo, no mostraron diferencia ($P > 0.05$) entre machos y hembras. Las cifras del factor tratamiento para conteo de células Goblet manifestaron cambios significativos ($P < 0.01$) entre tratamientos, con menor conteo de células Goblet el tratamiento con Enramicina respecto a los tratamientos con manananasas, testigo y Bacillus subtilis. Por último, para el facto sexo no hubo diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre sexos.

Los resultados promedios de los efectos principales para el factor tratamiento de las variables longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet en íleon se pueden observar en el Cuadro 7. Los datos para longitud de vellosidades de íleon demostraron que hubo diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con menor longitud de vellosidades el tratamiento 1 en comparación con el tratamiento 4, 2 y 3 respectivamente. Para el factor sexo la longitud de vellosidades no mostraron diferencia ($P > 0.05$) entre sexos. Los resultados para la profundidad de cripta arrojaron diferencia ($P < 0.01$) entre los tratamientos, con menor profundidad de la cripta en el tratamiento 2 en comparación con los tratamientos 1, 4 y 3 respectivamente. Sin embargo, para el factor sexo, no existió diferencia ($P > 0.05$) entre sexos. Para el conteo de células Goblet, los datos indicaron diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con un menor conteo de células Goblet en el tratamiento 2 respecto a los tratamientos 1, 3 y 4 respectivamente, mientras que para el factor sexo no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre sexos.

Discusión

Los resultados obtenidos, para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de canal mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto se debe a que el tratamiento 2 recibió una dieta sorgo + soya suplementada con esporas de *Bacillus subtilis* lo que ocasiona un mayor consumo de alimento por lo consiguiente una mayor ganancia de peso, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Cengiz et al., (2015), quienes evaluaron el efecto de la suplementación de probióticos vivos de 10^9 UFC/g de *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium* y *Bifidobacterium thermophilus*. (1000 y 1500 ppm/ton) con diferentes densidades de alojamiento. Estos autores observaron que la suplementación del probiótico mejoró significativamente la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y la tasa de mortalidad respecto al grupo control. En este estudio los autores encontraron que la suplementación del probiótico en la dieta no tuvo un efecto significativo en el rendimiento de la canal.

Los resultados del tratamiento 2 en la ganancia de peso como en el consumo de alimento fueron mayores que los demás tratamientos, sin embargo en la conversión alimenticia no hubo un cambio significativo entre tratamientos. Esto se debe a que la acción de los probióticos mejoran la función del sistema digestivo así como la digestión y absorción de nutrientes. Estos resultados concuerdan en parte con lo encontrado por Harington et al. (2016) quienes evaluaron el crecimiento de los pollos de engorda con raciones que contenían diferentes niveles de energía metabolizable (3117 (100%EM), 3054 (98% EM), 2991 (96% EM), 2930 (94% EM) kcal/Kg) y adicionadas con y sin *Bacillus subtilis* (8×10^5 ufc/g alimento). También observaron que las aves suplementadas con *B. subtilis* tuvieron mayor peso corporal y mejor conversión alimenticia que los tratamientos controles. En aves que recibieron *B. subtilis* en la dieta que contenía 98% de EM, logró un rendimiento equivalente en el peso corporal similar a las aves que fueron alimentadas con 100% de EM sin la suplementación con *B. subtilis*. Estos resultados indicaron que la adición de *B. subtilis* tiene una contribución significativa extra de energía metabolizable

También estos resultados coinciden en parte a los reportados por Awad et al. (2009) que también demostró que la suplementación con probióticos tuvieron una mejor ganancia de peso y conversión alimenticia comparado con el grupo control sin embargo, el empleo del probiótico no mostró cambios significativos entre tratamientos sobre los pesos de molleja, corazón, intestino delgado, colon, ciego, y bolsa de Fabricio. En cuanto al rendimiento de la canal, la adición del simbiótico mejoró el porcentaje de su rendimiento en comparación con el grupo control y el probiótico.

Sin embargo los resultados obtenidos de rendimiento de canal y conversión alimenticia no concuerdan con los obtenidos por Kim et al. (2016) donde evaluaron la suplementación de un probiótico (*Bacillus subtilis*) y una mezcla de probióticos (*Enterococcus spp*, *Pediococcus spp*, *Bifidobacterium spp* y *Lactobacillus spp*). Encontraron que la suplementación del probiótico no influyó en la conversión alimenticia ni la ganancia de peso.

Por el contrario Park y Kim (2014) incluyeron en la dieta de los pollos *Bacillus subtilis* B2A en diferentes concentraciones y midieron los efectos en la producción, peso de órganos y la calidad de la carne de pechuga. Estos investigadores observaron que la adición del probiótico en diferentes concentraciones en la dieta, no encontraron cambios significativos en el aumento de peso. Además, disminuyó el consumo de alimento y se mejoró la conversión alimenticia. No obstante, no encontraron un cambio significativo en la pigmentación del pollo entre los diferentes tratamientos y sus concentraciones.

También estos resultados concuerdan con los encontrados con Tactacan et al. en el (2013) evaluaron la eficacia del *Bacillus subtilis* (QST713) sobre el rendimiento productivo en pollos de engorda. Los investigadores desafiaron a los pollos con enteritis necrótica donde utilizaron diferentes concentraciones del probiótico para evitar los efectos adversos de la enteritis necrótica. Los investigadores reportaron que la suplementación de esporas de *Bacillus subtilis* a 1×10^6 ufc/g (dosis alta) mitigó los efectos negativos de enteritis necrótica y no se observaron diferencias en la ganancia de peso y la conversión alimenticia entre las aves tratadas con *Bacillus subtilis* y las aves no desafiadas con

enteritis necrótica. Sin embargo cuando las esporas de *B. subtilis* se suplementaron a una concentración de 1×10^5 ufc/g alimento (dosis baja) la ganancia de peso disminuyó y la conversión alimenticia aumentó en comparación con los no desafiados de enteritis necrótica, en el porcentaje de mortalidad el probiótico a bajas dosis disminuyó la mortalidad por enteritis necrótica en comparación con el grupo desafiado pero no medicado, sin embargo aumentó la mortalidad de enteritis necrótica.

Los datos para pigmentación de la canal caliente indicaron diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con menor pigmentación en el tratamiento testigo seguidos por los tratamientos con los promotores del crecimiento. Estos resultados concuerdan en parte con los encontrados por Bai et al. (2017) quienes realizaron un estudio adicionando en la dieta *Bacillus subtilis* fmbJ en diferentes concentraciones sobre el crecimiento de los pollos, capacidad antioxidante y calidad de la canal. Los resultados mostraron que la suplementación de *Bacillus subtilis* mejoró significativamente la ganancia diaria de peso, consumo de alimento y la conversión alimenticia. El peso final incrementó en comparación con el tratamiento control. Sin embargo, la pigmentación de la piel no mostró diferencia en valores de amarillamiento.

En cuanto a los resultados del tratamiento a base de sorgo soya suplementado con manananasas se encontró que este demostró tener mayor ganancia de peso y consumo de alimento que los demás tratamientos. Estos resultados concuerdan en parte a los obtenidos por Latham et al. (2017) donde estudiaron la inclusión de β -mananasa sobre el crecimiento de los pollos, dietados en diferentes concentraciones de galactomananos y β mananos. Los resultados arrojados indicaron que los niveles de galactomananos disminuyeron el peso corporal con altos niveles de galactomananos en comparación con el grupo control y los de baja concentración de galactomananos. No obstante, no existió diferencia en el consumo de alimento con la inclusión de β -mananasa o suplementando galactomananos. Durante la fase de crecimiento los pollos alimentados con dietas que contenían altos niveles de galactomananos incrementó el consumo de alimento en comparación con los no suplementados.

Resultados similares fueron obtenidos por Lagunas et al. (2006) donde evaluaron los extractos enzimáticos de mananasas (M) y la mezcla de mananasas y xilanasas (MX), así como el producto comercial Avizyme® (el cual contenía una mezcla de xilanasas (600 U/G), proteasas (800 U/g y amilasas (800U/g)). Los productos enzimáticos M y MX (437 ml cada uno y se diluyeron en agua destilada a 3.25 L y se aplicaron por aspersion a una tonelada de alimento). Se mezclaron 500 g de producto en polvo Avizyme por tonelada de alimento. Los datos obtenidos indicaron que no hubo cambios significativos entre tratamientos sobre la ganancia de peso y consumo de alimento. Por otro lado, la adición de la mezcla enzimática MX ocasionó una mejora significativa en la conversión alimentaria, con respecto a las demás tratamientos

En cuanto a los datos de medición de la longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet, el tratamiento 1 fueron menores en comparación con los tratamientos 2, 3 y 4. Estos datos concuerdan con los señalados por Chichlowski et al. (2007) quienes llevaron a cabo adicionaron una mezcla de probióticos que contenían *Bifidobacterium thermophilum* y *Enterococcus faecium*; estos autores encontraron un incrementó en la longitud de las vellosidades en yeyuno y una disminución en la profundidad de las criptas, en comparación con el grupo control

Por otro lado, Awad et al. (2009) midieron la longitud de las vellosidades y la profundidad de las criptas intestinales al incluir un simbiótico (*Enterococcus faecium* 5×10^8 UFC/kg y Fructo-oligosacáridos) y un probiótico (*Lactobacillus spp* 1×10^8 UFC/Kg). Estos autores encontraron que en duodeno, la profundidad de criptas no presentó cambios significativos; sin embargo, la longitud de las vellosidades tuvo un cambio significativo con el simbiótico y el probiótico, no así en la profundidad de las criptas, las cuales fueron menores en las aves que consumieron probiótico en comparación con las que consumieron el simbiótico y el grupo control

Sin embargo Tsirtsikos et al. (2012) midieron la longitud de las vellosidades y la profundidad de las criptas empleando una mezcla de probióticos a diferentes concentraciones (*Lactobacillus reuteri*, *Enterococcus faecium*, *Bifidobacterium*

animalis, *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus salivarius*), un antibiótico (avilamicina 2.5mg/Kg) y un grupo control. Estos autores observaron que no existieron diferencias entre tratamientos con respecto a la longitud de las vellosidades, la profundidad de las criptas en el duodeno e león.

Retomando lo anterior Sathiskumar et al. (2013) investigaron los parámetros productivos y la medición de longitud de vellosidades y profundidad de criptas en duodeno utilizando el probiótico *Bacillus subtilis* PB6. Ellos encontraron que el probiótico redujo la conversión alimenticia en comparación con el grupo infectado con *Clostridium perfringens* y también observaron una mayor longitud de vellosidades y la profundidad de las criptas en comparación con las aves infectadas.

Awad et al. (2006) realizaron un estudio donde evaluaron la eficacia de un probiótico *Eubacterium spp* desafiados con micotoxinas (*deoxinivalenol*) sobre el desarrollo del pollo de engorde, peso de órganos, longitud de vellosidades y profundidad de criptas. Estos autores reportaron que el peso y la eficiencia alimentaria se afectaron por la inclusión de la micotoxina en la dieta. Mientras que la dieta desafiada con la micotoxina + el probiótico tuvieron una ligera mejora en el consumo de alimento y el peso a lo largo del experimento. En cuanto al peso de los órganos el efecto del *Deoxinivalenol* en el tratamiento desafiado, el peso de la molleja, duodeno, páncreas, corazón, colon, ciego, y bazo permanecieron sin ninguna alteración, Por otra parte, el tratamiento con *Deoxinivalenol* disminuyó el peso del hígado en comparación al grupo control y el adicionado con el probiótico. En el caso de la longitud de las vellosidades, encontraron que el *Deoxinivalenol* alteró la longitud de las vellosidades especialmente en el duodeno y yeyuno donde las vellosidades fueron más cortas y delgadas en comparación con el tratamiento control, sin embargo, la suplementación del probiótico en los desafiados con *Deoxinivalenol* aumentó la longitud de las vellosidades en duodeno y yeyuno en relación al grupo control y el grupo desafiado con la micotoxina.

Los datos del presente estudio muestran que el tratamiento 2 tuvo un mayor peso corporal final en comparación con los demás tratamientos y que los machos presentaron mayor peso con respecto a las hembras, esto pudo

deberse a que la suplementación de probióticos en la dieta, mejora el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia, ya que algunos autores como Ávalos et al (2012) estudiaron en pollos hembras y machos la inclusión de una mezcla de probióticos (*Lactobacillus acidophilus*, *Pedicoccus acidilacticii* y *Sacharomyces cerevisiae* inactivado 10^6 ufc/Kg) en el agua de bebida para conocer los efectos sobre los parámetros productivos del pollo de engorda. Observaron que el peso corporal aumentó en los tratamiento que recibieron el probiótico en el agua de bebida comparado con los grupos controles. El peso corporal de los machos mejoró en un 7.1% mientras que las hembras aumentaron 6.8% con respecto al grupo que no recibió probiótico.

Estos resultados concuerdan en parte con los encontrados por Wang et al. (2016) quienes investigaron el efectos del uso de probióticos y prebióticos sobre parámetros productivos del pollo de engorda. Usaron un probiótico (*Bacillus subtilis* 3×10^5 UFC/g alimento), un prebiótico (oligosacáridos de manano+ β -glucanos, 170 y 250g/Ton alimento) y su combinación (probiótico y prebiótico) en el alimento. Los resultados indicaron que no hubo un cambio significativo en el consumo de alimento. Los pollos suplementados con bacitracina, nicarbazina y narasina (tratamiento control positivo) mostraron una baja conversión alimenticia en comparación con los tratamientos con probióticos y prebióticos. Los pollos del tratamiento con probiótico+prebiótico obtuvieron mayor peso que el prebiótico y el tratamiento control negativo. Sin embargo, el tratamiento con Prebiótico tuvo una mejor conversión alimenticia en comparación con los demás tratamientos. En el caso de rendimiento de canal, no existió diferencias entre tratamientos. Los pollos del tratamiento control positivo (bacitracina, nicarbazina y narasina) mostraron un menor peso del duodeno, yeyuno e íleon en relación a los tratamientos con probiótico, prebiótico y probiótico + prebiótico. También informaron que la longitud de las vellosidades, profundidad de cripta y tamaño de las células Goblet en el yeyuno fueron mayores en el tratamiento que contenía la combinación probiótico+prebiótico en comparación con los demás tratamientos

Los resultados del tratamiento 2 el cual fue suplementado con Esporas de *Bacillus subtilis* indicaron que la longitud de las vellosidades de la porción del yeyuno no tuvieron un cambio significativo al tratamiento testigo y a los

tratamientos suplementados con Enramicina y con Manananasas, sin embargo, en la profundidad de cripta fue menor en comparación con el tratamiento suplementado de enramicina y manananasas. Resultados similares en parte por los encontrados por Song et al. (2014) quienes estudiaron con una combinación de probióticos (*Bacillus lincheniformes*(1×10^7 ufc/g), *B.subtilis* (1×10^7 ufc/g) y *Lactobacillus plantarum* 1×10^8 ufc/g)) y su efecto bajo estrés calóric sobre parámetros productivos y morfología intestinal. Estos autores encontraron que las vellosidades del yeyuno de pollos tratados con la mezcla de probióticos tuvieron una mayor longitud de vellosidades y mayor relación longitud de vellosidades: profundidad de cripta, respecto aquellos alimentados con la dieta basal. En cuanto a parámetros productivos, la mezcla de probióticos mejoró la ganancia diaria de peso y consumo de alimento respecto a los pollos alimentados con la dieta basal y bajo estrés calórico.

En cuanto al conteo de células Goblet, los resultados de este estudio coinciden en parte con los de Forte et al .(2018) quienes estudiaron en pollos machos el efecto de incluir en la dieta *Lactobacillus acidophilus* D2/CSL (1×10^9 UFC/kg⁻¹) sobre parámetros productivos, histología y células Goblet en el íleon. Los investigadores indicaron que el probiótico mostró un mayor peso corporal, ganancia diaria de peso y menor conversión alimenticia. En cuanto a la longitud de vellosidades del íleon, existió una mayor longitud así como un aumento en el número de células Goblet, en comparación con el grupo control. Cabe señalar que las células Goblet sintetizan y secretan moco en la superficie de las vellosidades. Participan en el mantenimiento del sistema inmune intestinal entregando antígenos solubles de bajo peso molecular desde la luz intestinal a un conjunto de células dendríticas intestinales debajo de la lámina propia y ayuda a la digestión y absorción de nutrientes mediante la descomposición de carbohidratos. En el presente estudios el conteo de células Goblet en el tratamiento 1 fue menor en duodeno con comparación con los demás tratamientos, mientras que en el yeyuno fue mayor el conteo respecto a los otros tratamientos.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir:

1. La adición de los diferentes promotores del crecimiento; Enramicina, Esporas de *Bacillus subtilis* y β -mananasa en dietas sorgo + soya, para pollos en crecimiento tuvieron un efecto benéfico en la ganancia de peso, pigmentación de la piel de la canal.
2. La inclusión de los diferentes promotores del crecimiento, incrementó la longitud de vellosidades, profundidad de criptas y el número de células Goblet en duodeno, yeyuno e íleon; además se observó un efecto favorable al disminuir el peso de los intestinos.
3. Se pueden emplear esporas de *Bacillus subtilis* y β -mananasa como alternativas a la Enramicina como promotores del crecimiento en dietas para pollos de engorda.

Bibliografía

- Acevedo, D., M. Montero, P., & D.C Jaimes, J. (2014). Determinación de antibióticos y calidad microbiológica de la carne de pollo comercializada en Cartagena Colombia. Cartagena, Colombia.
- Assela Bosch, P. (1996). Enzimas en avicultura. Barcelona España: Universidad Autónoma de Barcelona UAB.
- Awad, W., Bohm, J., Razzazi-Fazeli, E., Ghareeb, K., & Zentek, J. (2006). Effect of Addition of a Probiotic Microorganism to Broiler Diets Contaminated with Deoxynivalenol on Performance and Histological Alterations of Intestinal Villi of Broiler Chickens. *Poultry Science*, 85:974–979.
- Awad, W., Ghareeb, K., Abdel-Rahem, S., & Bohm, J. (2009). Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 88:49–55
- Bai, K., Huang, Q., Zhang, J., He, J., Zhang, L., & Wang, T. (2017). Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* fmbJ on growth. *Poultry science*, 74-82.
- Baurhoo, B., Phillip, L., & Ruiz-Feria, C. (2007). Effects of Purified Lignin and Mannan Oligosaccharides on Intestinal integrity and microbial populations in the ceca and liver of broiler chickens. *Poultry Science* 86:1070–1078.
- Blajman, J. E., Zbrun, M. V., Astesana, D. M., Berisvil, A. P., Scharpen, A., Fusari, M. L., y otros. (2015). Probióticos en pollos parrilleros: una estrategia para los modelos productivos intensivos. *EISEVIER Revista argentina de microbiología*, 47 (4): 360-367.
- Cengiz, O., Koksall, B., Tath, O., Sevim, O., Ahsan, U., Uner, A., y otros. (2015). Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers. *Poultry Science* 94:2395–2403.
- Chávez, L., López, A., & Parra, J. (2015). Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentados con cepas probióticas. *Producción animal*, Medellín Colombia.
- Cortès Cuevas, A., Águila Salinas, R., & Ávila Gonzales, E. (2002). La utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda. *Veterinaria México* vol. 33, núm.1 Enero - Marzo. pp. 1-9.

- Cortés Cuevas, A., Ávila González, E., Casaubon Huguenin, M., & Carrillo Domínguez, S. (s.f.) (2002). Efecto del *Bacillus toyoi* sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda.
- Davison, F., Kasper, B., & A. Schat, K. (2008). *Avian Immunology*. Londres, Inglaterra: ELSEVIER.
- Dibner, J., & Richards, J. (2005). Antibiotic Growth Promoters in Agriculture: History and Mode of Action. *Poultry Science*, 84:634–643.
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. ELSEVIER.
- García Curbelo, Y., García, Y., López, A., & Boucourt, R. (2005). Probióticos: una alternativa para mejorar el comportamiento animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*.
- Gómez Verduzco, G., López Coello, C., Maldonado Bernal, C., & Ávila González, E. (2010). El sistema inmune digestivo de las aves. *Investigación y ciencia en línea*, 9-16.
- Gutiérrez Ramírez, L. (2013). Probióticos: una alternativa de producción limpia y de remplazo a los antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal.
- Ha Park, Y., Hamidon, f., Rajangan, C., pong soh, K., Yuen Gan, C., Soon Lim, T., y otros. (2016). Application of probiotic for the production of safe and high-quality poultry meat. Korea: Korean society for food science of animal resources.
- Harrington, D., Sims, M., & Kehlet, A. (2016). Effect of *Bacillus subtilis* supplementation in low energy diets on broiler performance. *Poultry science*, 25:29–39.
- I.H, K., & J.S, J. (2014). Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, noxious gas emission, and intestinal microflora in broilers. Korea: *Poultry Science*.
- INEGI. (1991). Cuaderno de información básica delegacional. México: INEGI.
- Kim, H., Yan, F., Hu, J., Cheng, H., & Kim, Y. (2016). Effects of probiotics feedings on meat quality of chicken breast during postmortem storage. *Poultry science*.
- kuldeep, D., Ruchi, T., Fifat, U., Sandip, C., Marappan, G., Kumaragurubaran, k., y otros. (2014). Growth promoters and novel feed additives improving poultry production and health, bioactive principles and beneficial

applications: The trends and advances-a review. India: International Journal of pharmacology.

Lagunas Bernabè, I., García Almendarèz, B., Castaño Tostado , E., Regalado Gonzàles , C., & Àvila Gonzàles, E. (2006). producciòn de enzimas hemicelulolíticas por fermentaciòn sòlida y su aplicaciòn en alimento balanceados parapollo de engorda. Veterinaria Mèxico.

Latham, R., Williams, M., Walters, H., Carter, B., & Lee, J. (2017). Efficacy of B-mannanase on broiler growth performance and energy utilization in the presence of increasing dietary galactomannan. Greenfield Indiana USA: Poultry science.

Latorre, J., Hernandez-Velazco, X., Kallapura, G., Menconi, A., Pumford, N., Morgan, M., y otros. (2014). Evaluation of germination, distribution, and persistence of Bacillus subtilis spores through the gastrointestinal tract of chickens. México, Argentina: Poultry science 93:1793–1800.

Leon, J. B. (2017). The sub-inhibitory theory for antibiotic growth promoters. United kingdom: Poultry Science 96:3104–3108.

Lòpez Aguilar, A. E., Sàncchez Herrera , I., Cortez Cuevas , A., Ornelas, M., & Àvila Gonzàles , E. (s.f.). Uso de dos promotores naturales como alternativas a antibiòticos promotores en el comportamiento productivo del pollo de engorda . México.

Lòpez, H. S. (2010). Farmacología clínica en aves. En H. S. Lòpez, Farmacología clínica en aves comerciales (págs. 351-352). Mèxico: Mc Graw Hill.

Martinez-Cummer, M., Bostivironnois , C., Naranjo, V., & Karls, P. (Octubre 2013). El uso de B-mananasa para controlar el impacto de la respuesta inmunitaria inducida por alimentos (RIA) y sus implicaciones en la avicultura comercial. Elanco . USA : Congreso científico de avicultura Elanco animal health.

Martinez-Cummer, M., Bostvironnois, C., Naranjo, V., & Poulsen, K. (2003). Uso de b mananasa para controlar el impacto de la rspuesta inmunitaria inducida por alimentos (RIIA) y sus implicaciones en la avicultura comercial. USA: Congreso Cientifico de Avicultura ANECA.

McDonald, P., Ewards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L., & Wilkinson, R. (2013). Nutriciòn animal (Septima ed.). Reino Unido: Acribia.

Miled Ouhida , I. B. (2001). Evaluaciòn de complejos enzimàticos en la mejora del valor nutritivo de cereales y leguminosas en la alimentaciòn de pollos en crecimiento. Barcelona.

- Ortiz, A., & Mallo, J. (2013). Probióticos: Conceptos. Artículo patrocinado por Norel Animal Nutrition "selecciones avícolas", 33-37.
- Park, J., & Kim, I. (2014). Supplemental effect of probiotic *Bacillus subtilis* B2A on productivity organ weight, intestinal salmonella microflora, and breast meat quality of growing broiler chicks. Republica de Korea, Korea. *Poultry Science* 93:2054–2059
- R.D , Miles ., G.D , Butcher., P.R, Henry., & R.C , Littell. (2006). Effect of Antibiotic Growth Promoters on Broiler Performance, Intestina growth parameters, and cuantitative morphology. Florida: *Poultry Science*. 85:476–485.
- Salvador Ávalos , J. M., Contreras Bunuto, D., Prado-Rebolledo, O., Contreras, J. L., Macedo Barragán, R. J., García Márquez, L. J., y otros. (2012). Efecto de un probiótico en pollo de engorda. *Abanico veterinario* ISSN 2007-4204, 28-31.
- Sathishkumar, J., Gokila, T., Hannah, K., Ravichandran, M., Rajalekshmi, M., & Haridasan, C. (2013). *Bacillus subtilis* PB6 improves intestinal health of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis. *Poultry Science* , 92 :370–374.
- Song, j., Xiao, K., ke, Y., Jiao, L., Hu, C., Diao, Q., y otros. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*, 93 :581–588.
- Sumano Lòpez , H., & Gutiérrez Olvera , L. (2010). *Farmacología clínica en aves comerciales*. México D.F: Mc Graw Hill.
- Tactacan, G., Schmidt, J., Miille, M., & Jimenez, D. (2013). A *Bacillus subtilis* (QST 713) spore-based probiotic for necrotic enteritis control in broiler chicken. *Poultry Science*, Issue 4, 825-831.
- Torres, C., & Zaragaza, M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino? *Departamento de Agricultura y Alimentación Universidad de La Rioja*, 16(2):109-12.
- Tsirtsikos, P., Fegeros, K., Balaskas, C., Kominakis, A., & Mountzouris, K. (2012). Dietary probiotic inclusion level modulates intestinal mucin composition. *Poultry Science*, 1860-1861.
- Wang, X., Farnell, Y., Peebles, E., Kiess, A., Wamsley, K., & Zhai, W. (2006). Effects of prebiotics, probiotics, and their combination on growth performance, small intestine morphology, and resident *Lactobacillus* of male broilers. *Poultry Science* , 95:1332–1340.

Yu, Y., Wang, Z., Cao, J., Dong, Y., Wang, T., & Chen, Y. (2014). Effects of monochromatic light stimuli on the development and Muc2 expression of goblet cell in broiler small intestines during embryogenesis. Henan, China: Poultry Science 93:1801–1808.

Anexo

Cuadro 1. Composición de la dieta experimental empleada en la prueba en pollos de engorda.

Ingredientes	% inclusión
Sorgo	57.44
Pasta de soya	36.91
Aceite vegetal	1.83
Carbonato de Calcio	1.45
Ortofosfato	1.01
Sal	0.35
Metionina	0.31
Pre mezcla de Vit y minerales*	0.30
L-Lisina HCl	0.28
L-Treonina	0.07
IQ (antioxidante)	0.01
Fitasa	0.03
Total	100%

Nutrientes	Análisis calculado
Energía metabolizable (Kcal/Kg)	3010
Proteína Cruda (%)	22
Lisina digestible (%)	1.44
Met+Cis digestible (%)	0.9
Arginina Total (%)	1.347
Sodio (%)	0.182
Calcio total (%)	0.96
Fosforo disponible (%)	0.48

*Vitamina A (12,000,000 UI), vitamina D3 (2,500,000 UIP), vitamina E (15,000 UI), vitamina K (2.0g), vitamina B1 (2.25g), vitamina B2 (7.5g), vitamina B6 (3.5g), vitamina B12 (20mg), ácido fólico (1.5g), biotina (125mg), ácido pantoténico (12.5g), niacina (45g); **Hierro (50g), zinc (50g), manganeso (110g), cobre (12g), yodo (0.30g), selenio (0.20g), Cobalto (0.20g). Cantidades adicionadas de vitaminas y minerales por tonelada de alimento.

Cuadro 2. Resultados promedios para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de canal en pollos de engorda en crecimiento.

Factor tratamiento*	Ganancia peso (g)	Consumo (g)	Conversión alimenticia(kg/kg)	Rendimiento de canal (%)
Factor tratamiento				
1	739a	1012a	1.371a	66.9a
2	804b	1100c	1.370a	67.1a
3	780b	1043ab	1.338a	67.1a
4	784b	1070bc	1.368a	66.1a
Factor sexo				
Hembra	751a	1032a	1.38a	67.1a
Macho	803b	1081b	1.35a	66.5a
Fuente de variación				
Tratamiento	0.001	0.002	0.578	0.112
Sexo	0.001	0.003	0.150	0.078
Tratamiento x sexo	0.770	0.157	0.077	0.402

*1.-Dieta basal testigo. 2.- Como 1 + *Bacillus subtilis* 3.- Como 1 + Enramicina.
4.- Como 1 + β -mananasa

Cuadro 3 Resultados promedio de pigmentación amarilla de la piel en canal caliente y fría en pollos de engorda de 1 a 21 días de edad.

Tratamientos	Pigmento caliente (b)	Pigmento frío (b)
1.-Dieta basal testigo	30.32a	33.61a
2.-Como 1 + <i>Bacillus subtilis</i>	31.67a	34.88a
3.-Como 1+ Enramicina	32.90b	36.29b
4.-Como 1 + β -mananasa	30.87a	35.66ab
Probabilidad	0.017	0.010

Cuadro 4. Resultados promedio del peso de intestinos e hígados en pollos de engorda de 1 a 21 días de edad alimentados con diferentes promotores de crecimiento.

Factor tratamiento*	Peso intestino (g)	Peso hígado (g)
1.-Dieta basal testigo	39.11b	19.35a
2.-Como 1 + <i>Bacillus subtilis</i>	34.96a	19.68a
3.-Como 1+ Enramicina	35.04a	18.65a
4.-Como 1 + β -mananasa	35.41a	18.6a
Factor sexo		
Hembra	35.80a	18.7a
Macho	38.81b	19.04b
Fuente de variación		
Tratamiento	0.000	0.045
Sexo	0.000	0.037
Tratamiento x sexo	0.620	0.739

Cuadro 5. Datos promedio de longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet en duodeno de pollos de 1 a 21 días de edad.

	Longitud de vellosidades (μm)	Profundidad de Cripta (μm)	Conteo de células Goblet
Factor Tratamiento*			
1	1658.0a	139.22a	177b
2	1837.3b	137.57a	162a
3	1845.4b	174.66b	199c
4	1833.7b	161.18b	178b
Factor sexo			
Hembra	1756.6a	146.30a	183a
Macho	1720.7a	160.02b	175b
Fuente de variación			
Tratamiento	0.000	0.000	0.000
Sexo	0.141	0.003	0.013
Trat. x sexo	0.525	0.830	0.000

*1.-Dieta basal testigo. 2.- Como 1 + *Bacillus subtilis* 3.- Como 1 + Enramicina.
4.- Como 1 + β-mananasas

Cuadro 6. Datos promedio de longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet en yeyuno de pollos de 1 a 21 días de edad.

	Longitud de vellosidades (μm)	Profundidad de Cripta (μm)	Conteo de células goblet
Factor Tratamiento*			
1	852.06a	137.86a	147ab
2	989.48a	139.95b	151b
3	991.65a	141.26a	137a
4	1093.9a	152.52ab	140ab
Factor sexo			
Hembra	109.63a	1.5028a	145a
Macho	101.75a	1.4902a	143a
Fuente de variación			
Tratamiento	0.367	0.000	0.260
Sexo	0.314	0.795	0.666
Tratamiento x sexo	0.547	0.002	0.159

*1.-Dieta basal testigo. 2.- Como 1 + *Bacillus subtilis* 3.- Como 1 + Enramicina. 4.- Como 1 + β-mananasas

Cuadro 7. Datos promedio de longitud de vellosidades, profundidad de cripta y conteo de células Goblet en íleon de pollos de 1 a 21 días de edad.

	Longitud de vellosidades (µm)	Profundidad de Cripta (µm)	Conteo de células goblet
Factor Tratamiento*			
1	723.39b	119.34a	122a
2	874.14a	116.29a	121a
3	884.34c	178.40c	151b
4	766.65b	144.91b	128a
Factor sexo			
Hembra	755.14a	137.27a	132a
Macho	762.61a	142.20a	129a
Fuente de variación			
Tratamiento	0.000	0.000	0.000
Sexo	0.651	0.263	0.241
Trat. x sexo	0.081	0.007	0.153

*1.-Dieta basal testigo. 2.- Como 1 + *Bacillus subtilis* 3.- Como 1 + Enramicina. 4.- Como 1 + β-mananasa

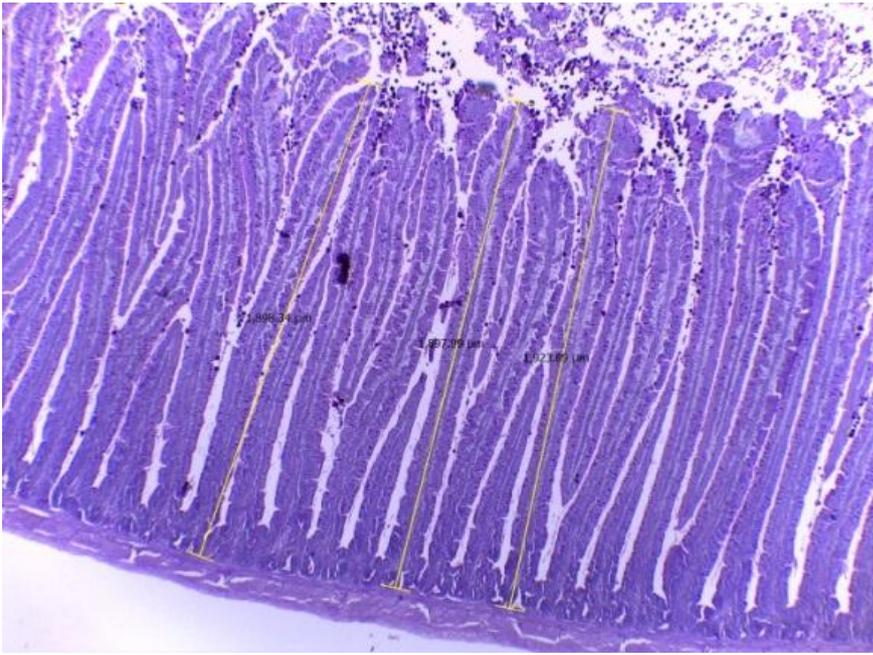


Figura 1. Longitud de vellosidades de duodeno en el tratamiento testigo

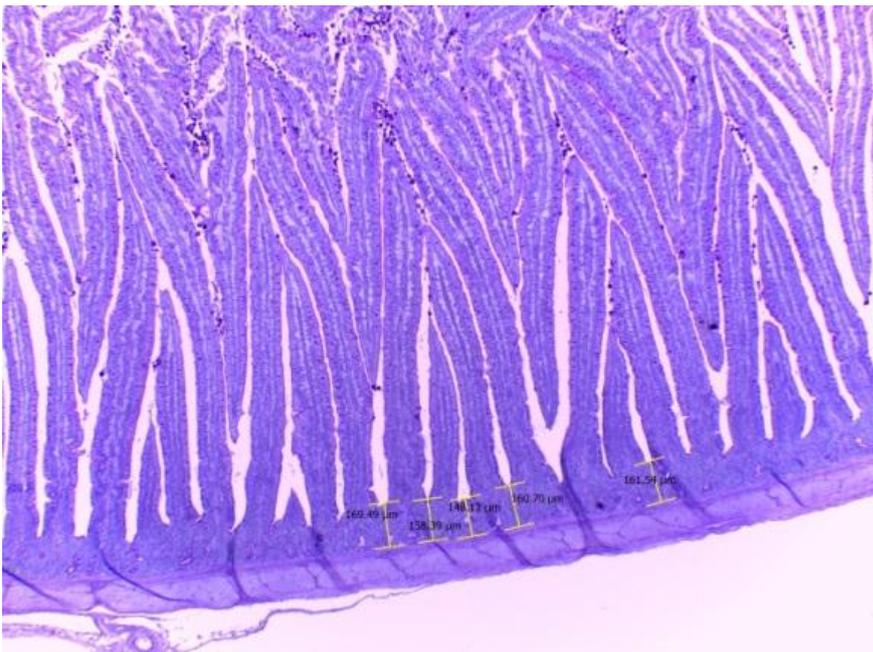


Figura 2. Profundidad de cripta en duodeno en el tratamiento testigo

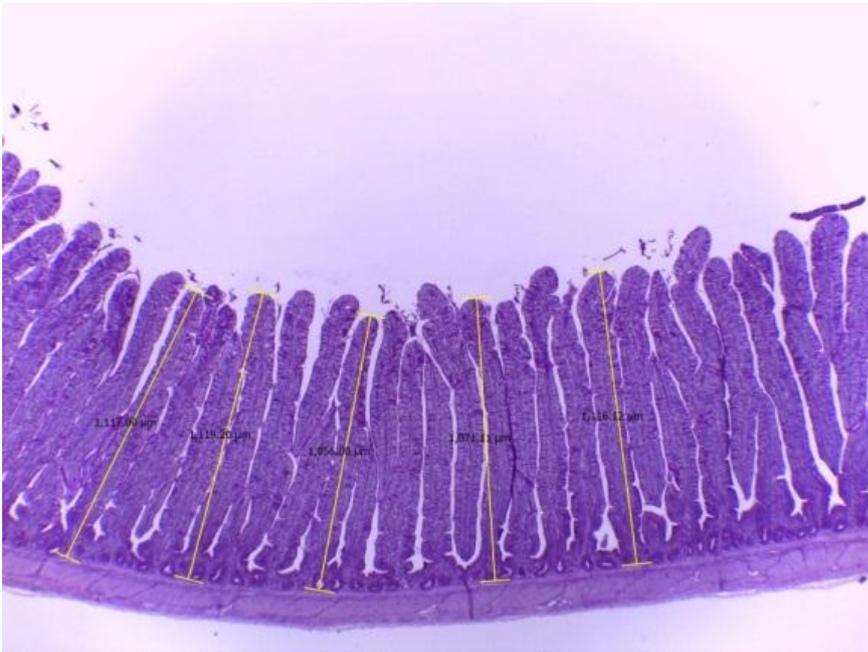


Figura 3. Longitud de vellosidades de yeyuno en el tratamiento testigo

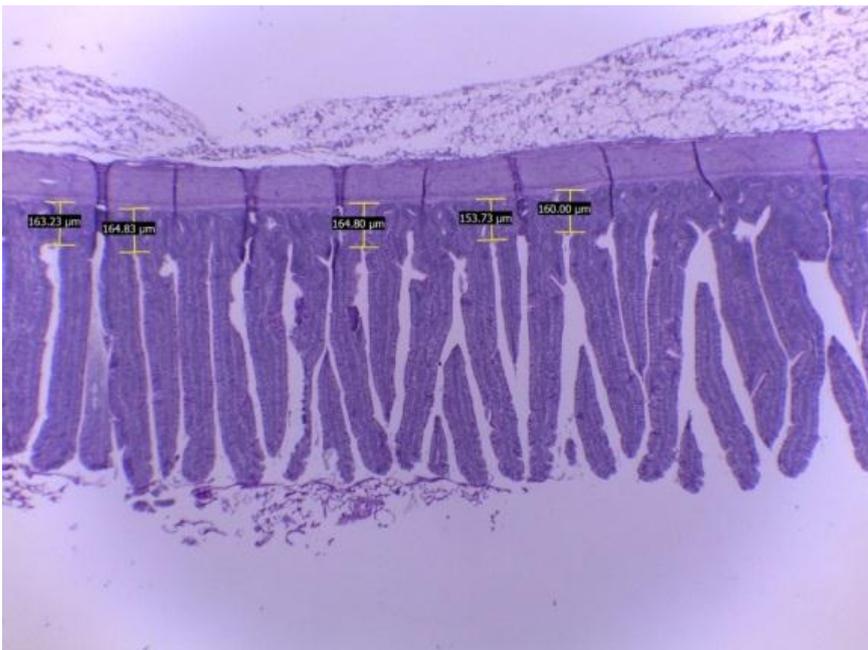


Figura 4. Profundidad de cripta en yeyuno en el tratamiento testigo

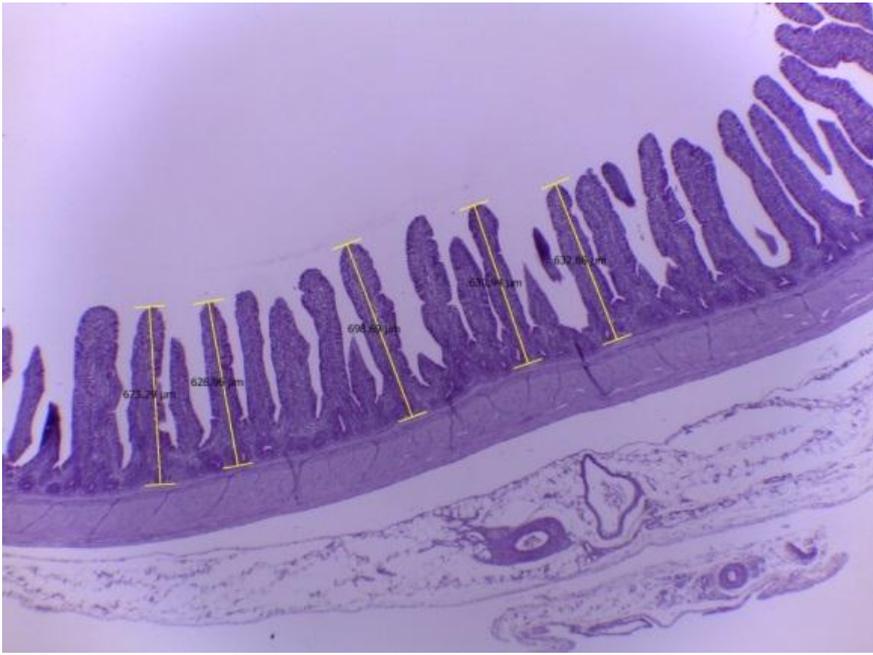


Figura 5. Longitud de vellosidades en íleon en el tratamiento testigo

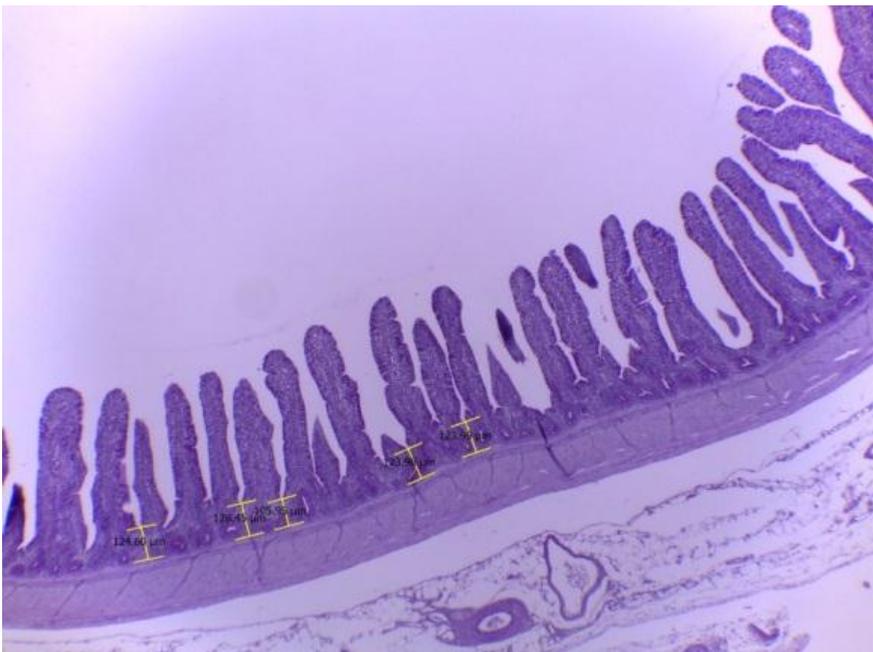


Figura 6. Profundidad de cripta en íleon en el tratamiento testigo

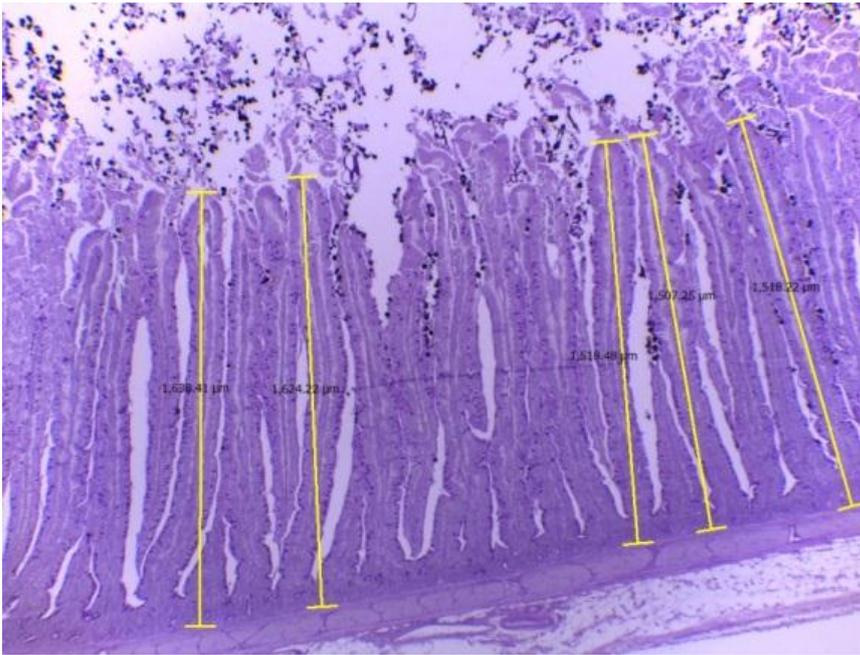


Figura 7. Longitud de vellosidades en duodeno en el tratamiento con esporas de *Bacillus subtilis*

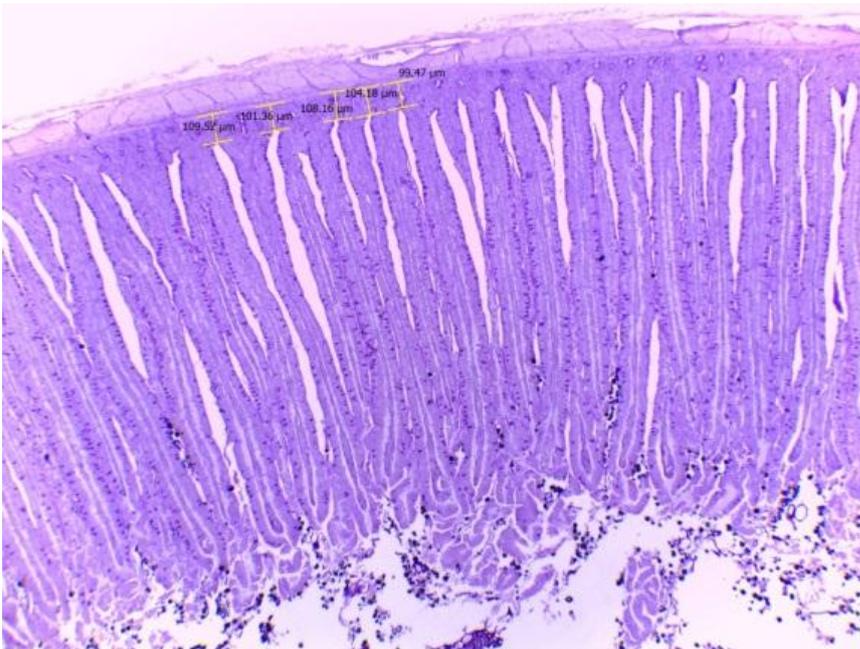


Figura 8. Profundidad de cripta en duodeno en el tratamiento con esporas de *Bacillus subtilis*

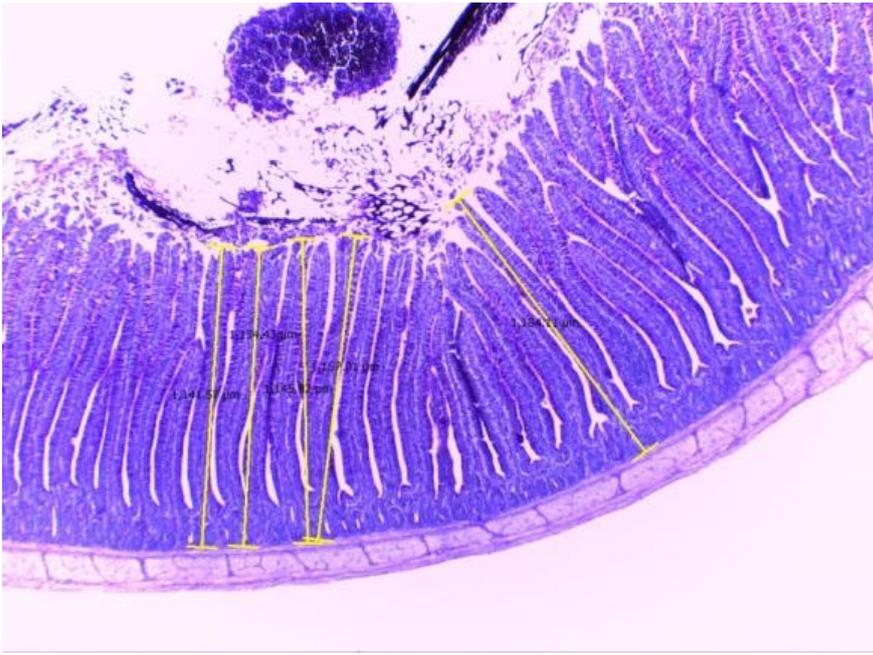


Figura 9. Longitud de vellosidades en yeyuno en el tratamiento con esporas de *Bacillus subtilis*

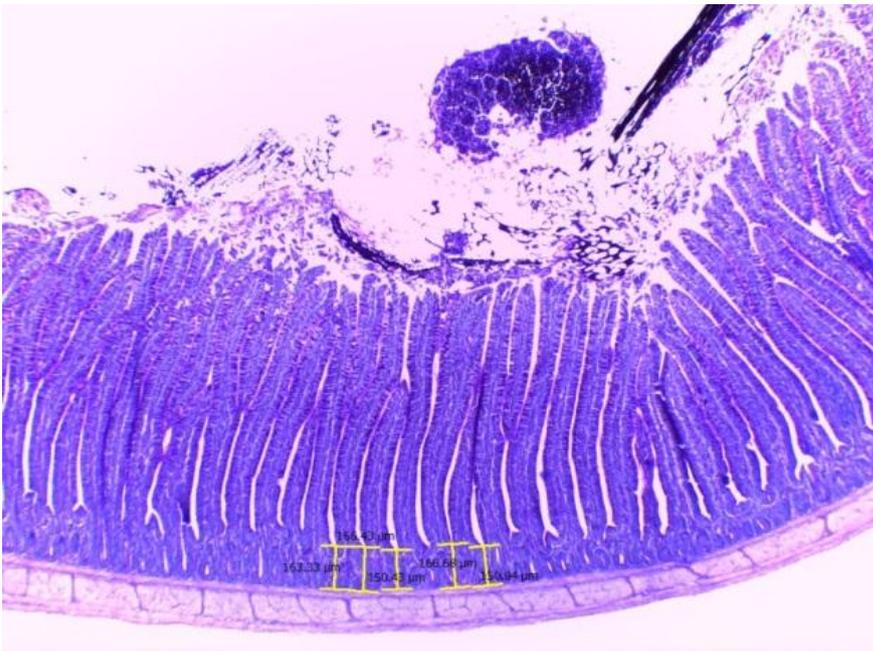


Figura 10. Profundidad de cripta en yeyuno en el tratamiento con esporas de *Bacillus subtilis*



Figura 11. Longitud de vellosidades en el íleon en el tratamiento con esporas de *Bacillus subtilis*

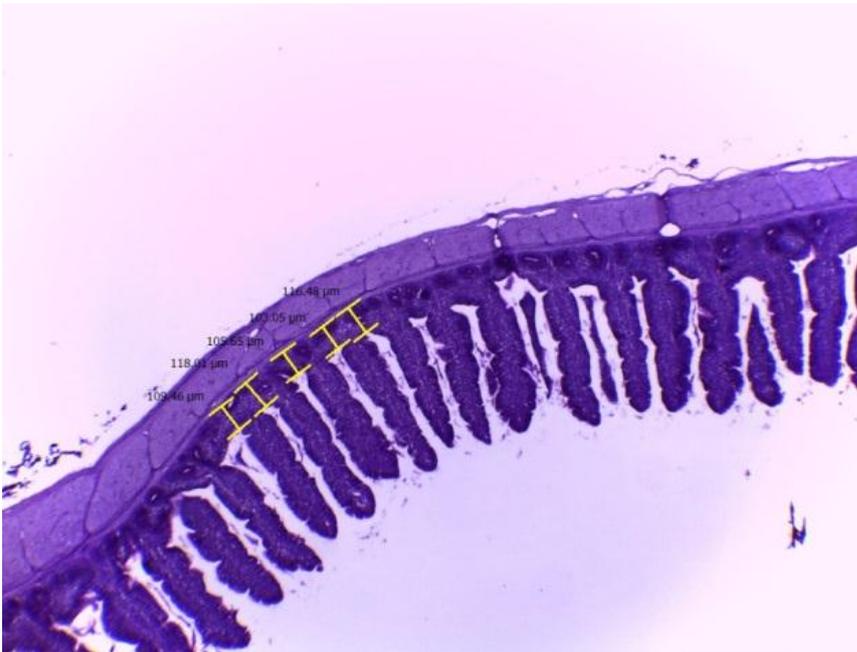


Figura 12. Profundidad de criptas en íleon en el tratamiento con esporas de *Bacillus subtilis*

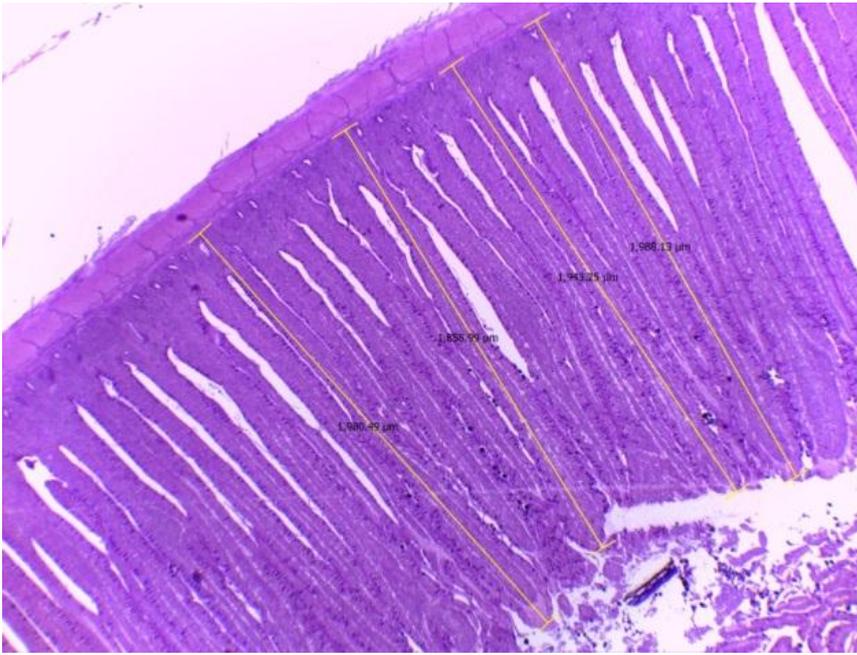


Figura 13. Longitud de vellosidades intestinales en duodeno en el tratamiento con Enramicina

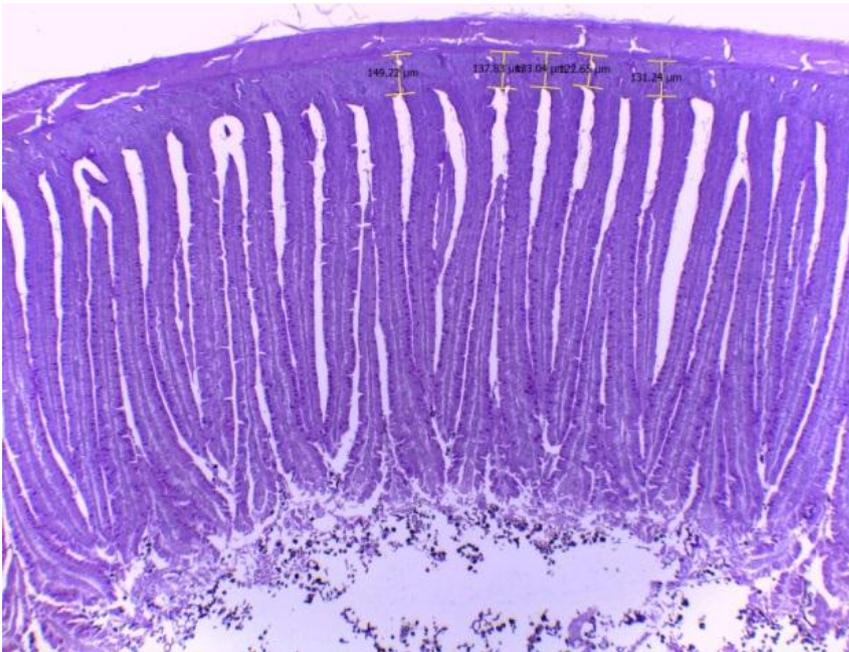


Figura 14. Profundidad de cripta en duodeno en el tratamiento con Enramicina



Figura 15. Longitud de vellosidades en íleon en el tratamiento con Enramicina



Figura 16. Profundidad de cripta en íleon en el tratamiento con Enramicina

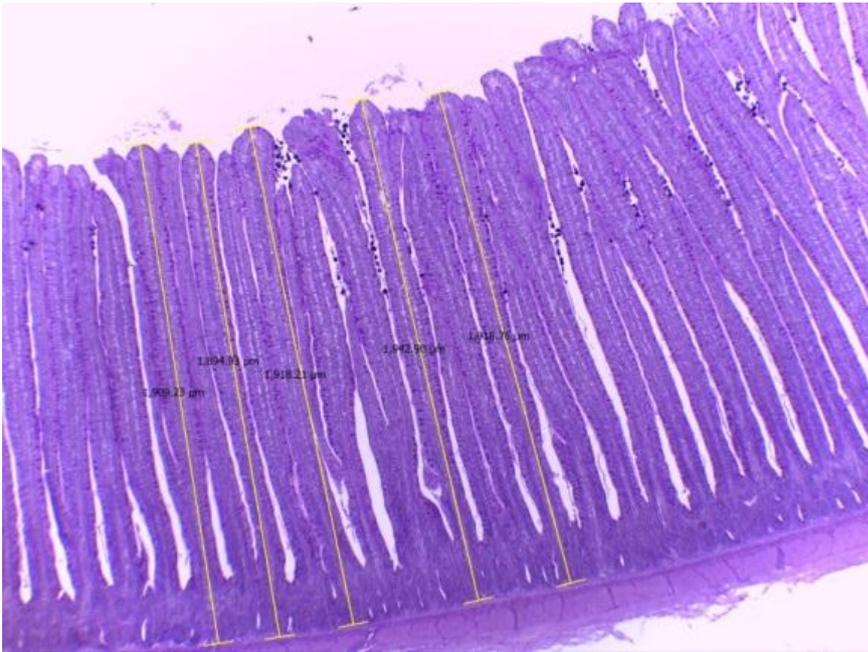


Figura 17. Longitud de vellosidades en duodeno en el tratamiento con β -mananasas.

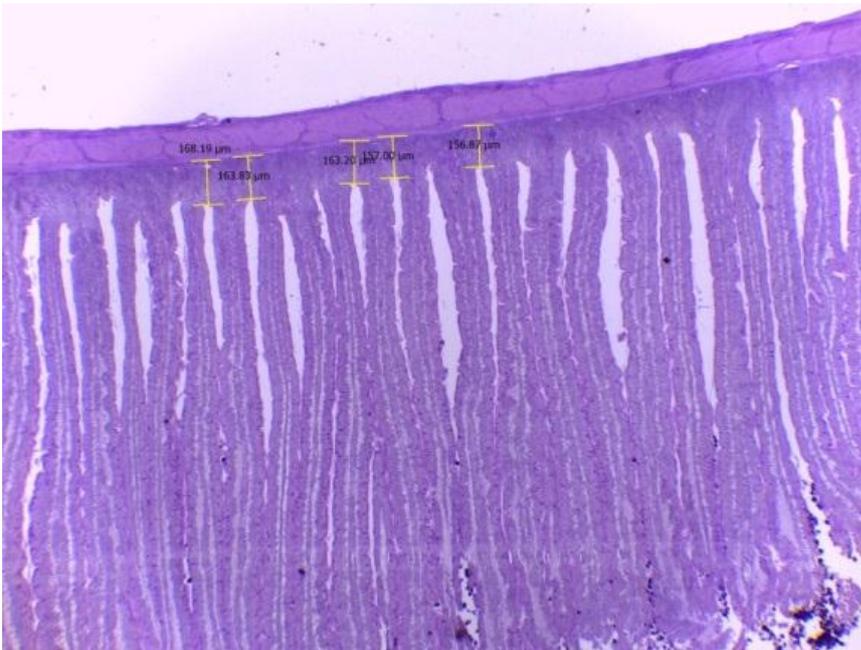


Figura 18. Profundidad de cripta en duodeno en el tratamiento con β -mananasas

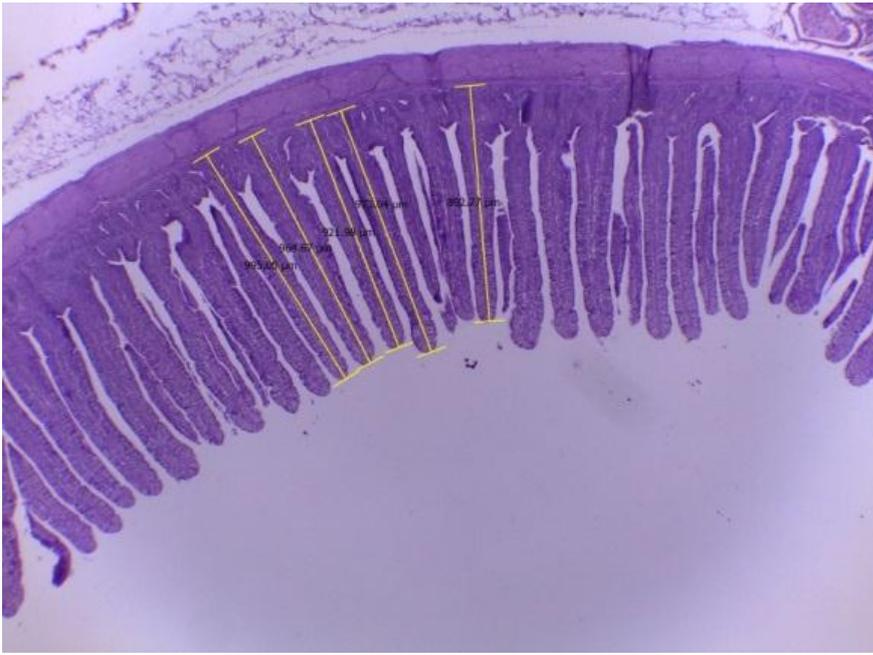


Figura 19. Longitud de vellosidades en yeyuno en el tratamiento con β -mananasas



Figura 20. Profundidad de cripta en yeyuno en el tratamiento con β -mananasas

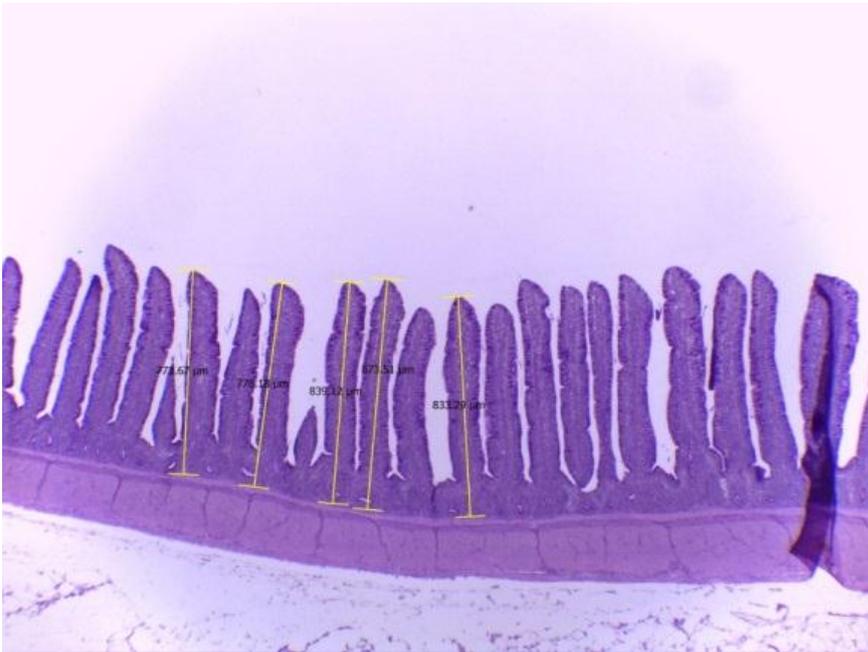


Figura 21. Longitud de vellosidades en íleon en el tratamiento con β -mananasas

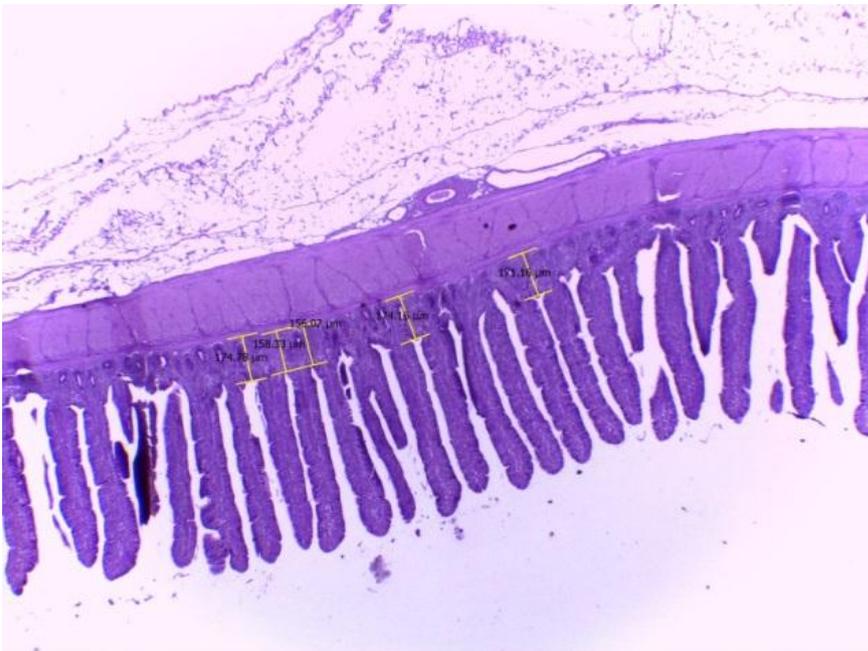


Figura 22. Profundidad de cripta en íleon en el tratamiento con β -mananasas



Figura 23. Conteo de células Goblet ápice

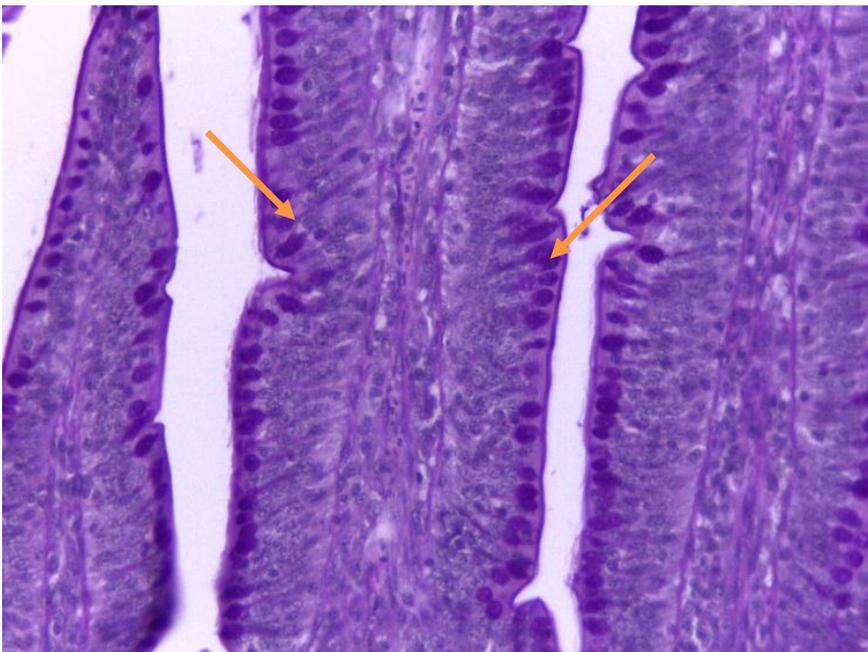


Figura 24. Conteo de células Goblet cuerpo

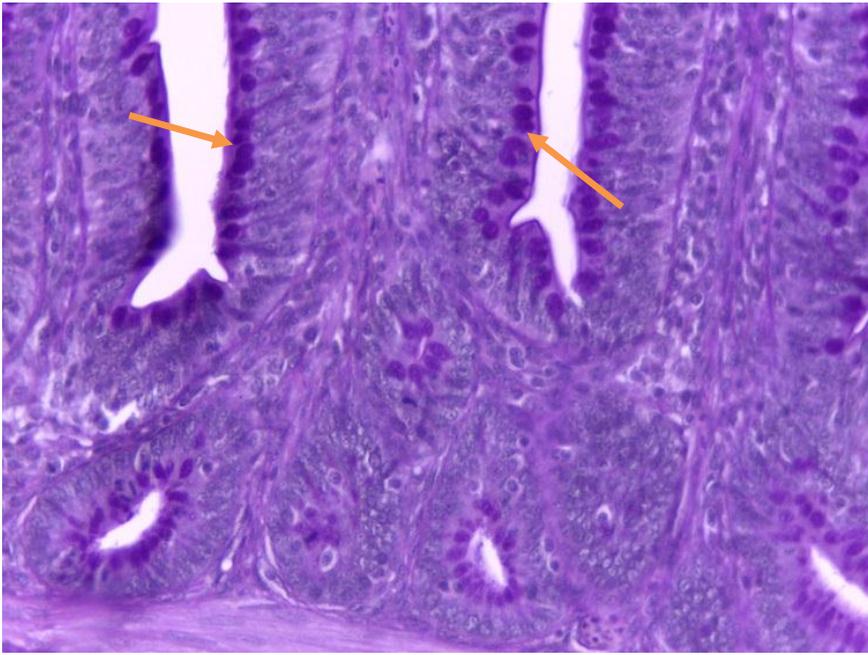


Figura 25. Conteo de células Goblet base