

Conference Paper

Probióticos Como Aditivos Dietéticos Para Cerdos. Una Revisión

Probiotics as Dietetic Additives for Pigs. A Review

L. Flores, J. Usca, S. Peñafiel, and L. Tello

Docente Escuela Superior Politécnica De Chimborazo

Resumen

Por varias décadas se ha utilizado en los sistemas intensivos y semi intensivos de producción porcina los antibióticos promotores de crecimiento, con la finalidad de controlar los problemas digestivos y respiratorios y mejorar la eficiencia. Sin embargo, su utilización en la alimentación de animales destinados al consumo humano, se relaciona con la crisis de salud global por la resistencia a los antimicrobianos. A nivel internacional, varias jurisdicciones respondieron a través de la restricción o prohibición del uso de estos productos. Esta situación condujo a que diferentes grupos de investigación se centraran en el estudio y desarrollo de alternativas para mantener la salud de los animales y el rendimiento productivo. Dentro de estas alternativas se incluyen probióticos que son uno de los aditivos alimentarios más estudiados y se definen como microorganismo(s) vivo (s) que cuando se adicionan en cantidades adecuadas influyen benéficamente en la salud del huésped. La aplicación de estos productos en la alimentación de cerdos puede modular la respuesta inmune y mejorar los parámetros zootécnicos de conversión alimenticia y ganancia de peso vivo final. Además, se pueden utilizar en el tratamiento de enfermedades infecciosas digestivas, como la diarrea, lo que aporta un beneficio económico importante en la industria porcina. En este estudio, se realizó una revisión de las diferentes etapas fisiológicas de cerdos con 23 citas bibliográficas y 50 referencias sobre la utilización de probióticos en la especie porcina como la utilización de probióticos en la alimentación.

Abstract: For several decades, antibiotic growth promoters have been used in intensive and semi-intensive systems of swine production, with the purpose of controlling digestive and respiratory problems and improving efficiency. However, its use in feeding animals destined for human consumption is related to the global health crisis due to resistance to antimicrobials. Internationally, several jurisdictions responded by restricting or prohibiting the use of these products. This situation led to different research groups focusing on the study and development of alternatives to maintain animal health and productive performance. These alternatives include probiotics that are one of the most studied food additives and are defined as live microorganism (s) that, when added in adequate amounts, beneficially influence the health of the host. The application of these products in pig feed can modulate the immune response and improve the zootechnical parameters of feed conversion and final live weight gain. In addition, they can be used in the treatment of digestive infectious diseases, such as

Corresponding Author:

L. Flores

lflores@esepoch.edu.ec

Received: 10 January 2020

Accepted: 17 January 2020

Published: 26 January 2020

Publishing services provided by
Knowledge E

© L. Flores et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons](#)

[Attribution License](#), which

permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Selection and Peer-review under the responsibility of the VI Congreso Internacional Sectei 2019 Conference Committee.

OPEN ACCESS

diarrhea, which provides a significant economic benefit in the swine industry. In this study, a review was made of the different physiological stages of pigs with 23 citations and 50 references on the use of probiotics in swine as the use of probiotics in food.

Palabras Claves: Probióticos, antibióticos, rendimiento productivo, salud del huésped.

Keywords: Probiotics, antibiotics, productive performance, guest health.

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la eficiencia en los sistemas intensivos y semi-intensivos de producción porcina se puede lograr cuando se emplean aditivos alimentarios (1). A su vez, el uso de estos productos contribuye a controlar patologías digestivas y respiratorias. Para estos fines, durante décadas, se aplicaron en dosis bajas y de forma masiva los antibióticos como promotores del crecimiento animal (2). Sin embargo, su utilización en la alimentación de animales destinados al consumo humano, se relaciona con la crisis de salud global por la resistencia a los antimicrobianos. A nivel internacional, varias jurisdicciones respondieron a través de la restricción o prohibición del uso de estos productos (3). Esta situación condujo a que diferentes grupos de investigación se centraran en el estudio y desarrollo de alternativas para mantener la salud de los animales y el rendimiento productivo. Dentro de estas alternativas se incluyen probióticos, prebióticos, acidificantes, enzimas, extractos vegetales y nutracéuticos (4).

Los probióticos son uno de los aditivos alimentarios más estudiados y se definen como microorganismos vivos que, cuando se adicionan en cantidades adecuadas, influyen benéficamente en la salud del huésped (5). La aplicación de estos productos en la alimentación de cerdos puede modular la respuesta inmune y mejorar los parámetros zootécnicos de conversión alimenticia y ganancia de peso vivo final. Además, se pueden utilizar en el tratamiento de enfermedades infecciosas digestivas, como la diarrea, lo que aporta un beneficio económico importante en la industria porcina (6).

El objetivo de esta revisión es sistemáticamente revisar y actualizar la evidencia sobre la eficacia del uso de probióticos en cerdos. La revisión presentada es fruto de trabajos de investigación realizados por los autores, como se puede verificar en la bibliografía

2. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión exhaustiva de 83 investigaciones publicadas en idioma inglés, español y portugués, Sede Web (internet), actas de congresos internacionales, revistas indexadas en bases de datos reconocidas, tesis doctorales; 23 citas describen las distintas etapas fisiológicas de los cerdos y 50 sobre la utilización de probióticos en alimentación para cerdos. La estrategia de búsqueda asumió como criterios de inclusión que las fuentes consultadas trataran sobre el manejo y alimentación de cerdos y el uso de microorganismos vivos como en las distintas etapas fisiológicas de cerdos. A partir de herramientas de análisis documental de la información primaria, se asumió como regla el orden cronológico de las publicaciones.

Las principales fuentes consultadas en cada ítem, en los subsiguientes apartados fueron las siguientes:

Porcicultura mundial y ecuatoriana Desarrollo de los cerdos: desarrollo de los cerdos; cerdos lactantes, cerdos destetados, cerdos crecimiento-ceba. Probióticos; Microorganismos empleados como probióticos y requisitos para su selección; Modo de acción de los probióticos

En lo que concierne Porcicultura mundial y ecuatoriana: ASPE (2013): Asociación de Porcicultores del Ecuador; ProChile (2013): Estudio de Canal de Distribución Carne de Cerdo en Ecuador; English (1985): La cerda: cómo mejorar su productividad; Lambert, G (2009): Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects.

Sobre el Desarrollo del cerdo: Morán (2002): Comparative nutrition of fowls and swine; Le Dividich, (2000): Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet; Campabada (1996): Alimentación de cerdos en desarrollo y engorde para la obtención de máximos rendimientos productivos; Schweigert (1994): Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y los productos cárnicos; Pluske (2003): Relación entre la microbiota intestinal, el pienso, la incidencia de diarreas y su influencia sobre la salud del lechón tras el destete.

En la fundamentación de Probióticos: Sanz, Y (2003): Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo; FAO (2002): Guidelines for the evaluation of probiotics in food;Verdenelli (2009): Probiotic properties of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus paracasei* isolated from human faeces; Sekhon (2010): Prebiotics, probiotics and synbiotics; Jonsson (1992): Probiotics for Pigs. Milián (2009). Obtención de cultivos de *Bacillus* spp. y sus endosporas; González (2003): Bacteriocinas de probióticos. *Salus cum propositum vitae*.Belguesmia (2010): Partial purification and

characterization of the mode of action of enterocin S37: A bacteriocin produced by *Enterococcus faecalis* S37 isolated from poultry feces; Vendrell (2008): Protection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from lactococcosis by probiotic bacteria; Chen (2014): Exopolysaccharides synthesised by *Lactobacillus reuteri* protect against enterotoxigenic *Escherichia coli* in piglets; Kim (2012): Concentrated Probiotics Improve Inflammatory Bowel Diseases Better than Commercial Concentration of Probiotics. Hansen (2012): Patterns of early gut colonization shape future immune responses of the host; Yu (2008) Effect of viable *Lactobacillus fermentum* on the growth performance, nutrient digestibility and immunity of weaned pigs.

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

3.1. Porcicultura mundial y ecuatoriana

La producción porcina, junto a la avícola, son los subsectores pecuarios de mayor crecimiento. Cada día mayor cantidad de cerdos se crían en menos granjas y se trabaja continuamente por incrementar los rendimientos productivos. Según la FAO (7), antes del 2015 se alcanzaría los mil millones de cerdos en el mundo, el doble que en la década de 1970. Los sistemas de producción actuales, a gran escala, alcanzan alto nivel de uniformidad, ya que están basados en similar material genético y proporcionan el mismo tipo de alimentación e infraestructura a los animales (8).

La crianza porcina se encuentra distribuida por todo el mundo, con exclusión de algunas regiones que mantienen ciertas reservas culturales y religiosas en relación al consumo de carne de cerdo. Sin embargo, es la carne roja de mayor consumo mundial, cuya demanda en las últimas décadas, experimentó un fuerte incremento. Ello se debe, fundamentalmente, a los cambios en los patrones de consumo derivados del aumento de ingresos en los países en desarrollo con economías de rápido crecimiento (7).

En Ecuador, con una población de 14 483 499 habitantes (9), la carne de cerdo comienza a generar grandes ingresos económicos y, en cuanto a su valor proteínico, otorga niveles óptimos para que se considere uno de los alimentos preferidos de la mesa familiar (10). Aspectos que se relacionan con grandes transformaciones en los sistemas de producción porcina ocurridos en los últimos años. Estos cambios se basan en el paso de producciones en granjas pequeñas y medianas e incluso de cerdos de traspatio, a granjas de explotaciones de miles de cerdos con sistemas modernos de producción. Debido a esto y al desplazamiento del consumo de la carne de vacuno y

de pollo, el sector porcino creció a tasas del orden del 10 % en el último quinquenio (10).

Hace una década, la producción de cerdos se limitaba a la labor poco tecnificada de crianza en patios, alimentados con desechos de cocina. La imagen de este tipo de producción y en sí de los cerdos era la de animales portadores de varias enfermedades; entre ellas, la triquinosis y la gripe porcina. La principal, causada por comer carne casi cruda de animales que se criaban bajo condiciones insalubres (11).

Actualmente, la crianza de cerdos en Ecuador es más tecnificada, y dadas las nuevas exigencias de los mercados y a las de los consumidores por una carne de mejor calidad, es una crianza más controlada y especializada. No obstante, en el país continúan practicándose los sistemas de producción extensivo, semi-intensivo e intensivo (11). Además, el porcicultor, independientemente del tipo de sistema que practique, debe conocer los nutrientes y las concentraciones de estos que necesita el cerdo, para cada una de sus categorías productivas. Así mismo, debe comprender el efecto que pueden ejercer esos nutrientes en el crecimiento y la reproducción de la especie. A continuación por su relación con el tema del presente artículo se abordan las características más relevantes de las categorías porcinas.

3.2. Desarrollo de cerdos

3.2.1. Cerdos lactantes

Los lechones experimentan cambios fisiológicos, que se presentan en un determinado orden y que no pueden acelerarse. Ellos nacen con menos de 1,5 % de grasa corporal, la que en su mayoría es estructural y no puede utilizarse como energía. La principal fuente energética es el glucógeno acumulado en el hígado y los músculo (10 % y 7 %, respectivamente), que sólo permite una sobrevivencia de 36 a 48 h en ayuno (12). Esto se agrava en los lechones más pequeños, donde la reserva energética es mucho menor, con una estrecha relación entre el peso al nacimiento y su supervivencia (13).

El tracto gastrointestinal (TGI) de los cerditos al nacer es estéril y, posteriormente, de forma paulatina, se establece la comunidad microbiana a lo largo de este tubo especializado. Las diferentes poblaciones microbianas forman un ecosistema microbiano anaerobio complejo pero estable con más de cuatrocientas especies bacterianas (14). Esta microbiota desempeña la importante función de proteger y mantener la integridad de la mucosa intestinal. La disfunción de la barrera intestinal conduce a un aumento progresivo de la permeabilidad de la mucosa, lo que facilita la infección

por bacterias intestinales patógenas (15). Además, la microbiota habita e interactúa en equilibrio (estado eubiótico) con el hospedero; participa en una multitud de actividades metabólicas y juega un importante papel en el crecimiento y productividad de los animales (16).

La digestión de los diferentes componentes alimenticios y la posterior absorción de nutrimentos ocurren principalmente en la parte superior y media del intestino delgado de los cerdos. Durante la lactancia, el sistema enzimático del lechón está adaptado para digerir los nutrientes de la leche, y la absorción de proteínas lácteas, lactosa y lípidos de cadena corta, siendo estos muy elevados. Sin embargo, hasta los 21-28 días de edad su sistema digestivo no produce cantidades apreciables de lipasas, amilasas y otros enzimas que degradan los nutrientes contenidos en fuentes de origen vegetal (17). El desarrollo no es completo hasta las ocho semanas, además, la producción de enzimas sufre un decrecimiento brusco en el momento del destete. Esta reducción, junto a la pérdida del contenido proteico de la mucosa, podría ser debida al estrés que supone el destete, o a la disminución del aporte de sustrato tras el destete (18).

En la absorción de nutrientes, las numerosas vellosidades microscópicas que cubren el intestino desempeñan un rol fundamental y su morfología varía según la edad del animal, por lo que están relacionadas con los cambios macroscópicos del intestino. Este órgano presenta un desarrollo acelerado durante los primeros diez días de edad de los cerditos, y es entonces cuando ocurren aumentos significativos en su peso absoluto y en el peso de la mucosa intestinal. Después de este tiempo se observa que el intestino delgado pasa por un proceso de maduración, que se caracteriza por aumentos marcados del volumen, longitud y peso (19).

Easter (20) señaló que el cerdo está capacitado fisiológicamente para utilizar la leche de la madre como fuente de nutrientes en las primeras semanas de vida y no está preparado para digerir dietas no lácteas basadas en carbohidratos, proteínas y grasas complejas. El bajo nivel de amilasa limita la hidrólisis de los almidones y, en el estómago, la baja producción de ácido clorhídrico afecta la digestión de las proteínas. La utilización de fuentes de grasa de origen vegetal y animal es baja, pues estas grasas complejas forman en el sistema digestivo gotas grandes con un área de superficie mínima para el ataque enzimático. En cambio, la grasa de la leche está formada por pequeñas gotas recubiertas por una lipoproteína que permite la adecuada digestión enzimática.

Desde el nacimiento hasta la sexta semana de vida, el lechón aumenta aproximadamente de 7,5 veces su peso y cada uno de los órganos pasa por transformaciones importantes; por ejemplo, el páncreas aumenta doce veces su peso absoluto, justo

después del nacimiento de los lechones el estómago crece intensamente y su capacidad de secretar ácido aumenta cerca de cinco veces en la primera semana post-parto, con un posterior incremento muy lento hasta el destete. Simultáneamente, durante las diez primeras semanas de edad, los cerdos sufren cambios en su sistema inmunitario. El lechón recién nacido depende de la inmunidad pasiva suministrada por la madre a través del calostro. Las inmunoglobulinas (Ig) recibidas son capaces de atravesar la pared intestinal durante las primeras horas de vida del cerdito (21).

Quiles (22) informa la existencia de bajas concentraciones de linfocitos T, B y elevados niveles de sustancias inmunosupresoras durante la etapa de lactancia. Dicha inmunosupresión comienza a revertirse a partir de los 28-35 días de edad; momento en que el animal es capaz de producir su propia actividad inmunológica en niveles adecuados. Por tanto, cualquier estrés, ya sea digestivo, de manejo o combinado, va a afectar al lechón en momentos críticos de depresión inmunológica

3.2.2. Cerdos destetados

La alimentación del cerdo recién destetado es uno de los aspectos más críticos en las explotaciones porcinas y supone todo un reto para los nutricionistas y formuladores. La dieta que se suministre al lechón debe ser de excelente calidad nutricional, a la vez que minimice el estrés al destete, lo que le permitirá al cerdito, que es separado de su madre en un estadio temprano de su vida, poder desarrollarse adecuadamente en su nuevo ambiente (23). Por tanto, en el desarrollo del programa de alimentación para esta categoría, que tendrá un efecto significativo sobre los rendimientos futuros, es importante tener en cuenta factores como: edad al destete, estado fisiológico del lechón, composición o valor nutricional de la dieta, requerimiento nutricional, desarrollo morfológico del tracto gastrointestinal y del sistema inmune intestinal y comportamiento del cerdo (24).

El cambio de la leche materna a una dieta sólida, basada en almidón y proteínas de origen vegetal, hace que el TGI pase por un largo proceso de adaptación, debido a que este no estaba preparado para digerir dichos nutrientes (25). Esta situación genera cambios morfológicos y funcionales en el TGI causantes de trastornos en el consumo de alimento y alteraciones en el proceso digestivo, que impiden al animal cubrir sus requerimientos de proteína y energía, lo que dificulta su crecimiento. Este proceso ocurre principalmente durante la primera semana post destete, lo que hace que muchos porcicultores reduzcan la oferta de alimento al momento del destete para evitar los problemas de diarreas (26).

El desarrollo posterior del aparato digestivo está íntimamente ligado con el consumo de alimento sólido. Los animales que consumen mayor cantidad de alimento y, por ende, más energía, tienen mayor crecimiento del estómago, páncreas, intestino delgado e hígado, ya que estos órganos consumen aproximadamente 50% de la energía total (25).

3.2.3. Cerdos en crecimiento-ceba

De acuerdo a Easter (27) el período de desarrollo y ceba empieza cuando los cerdos tienen un sistema digestivo capaz de utilizar dietas simples y responder adecuadamente a situaciones de estrés calórico e inmunológico. Tradicionalmente, este período ocurre cerca de los 20 kg de masa corporal y termina cuando el cerdo es enviado al mercado. Para los cerdos de razas puras y algunos híbridos este valor asciende a 30-50 kg para la etapa en desarrollo y de 50 kg hasta el mercado; (90 -100 kg) para la etapa de engorde.

El período que comprende el desarrollo y la ceba es una de las etapas más importantes de la vida productiva del animal, pues aquí el animal consume entre el 75 y 80% del total del alimento necesario en su vida productiva, siendo este rubro el principal costo de producción. Por eso, la utilización eficiente del alimento repercutirá en la rentabilidad del sistema de producción porcina (28).

En la alimentación que se utilice, debe considerarse que es en la etapa de desarrollo donde existe la mayor formación de tejido magro y en la fase de finalización se forma más tejido grasoso (28). Por lo que, los requerimientos proteínicos en la etapa de desarrollo son mayores que en la de finalización; y, aunque el consumo total aumenta, no es necesario aumentar la cantidad de proteína suministrada (29).

Durante el período de finalización, los nutrientes mayormente energéticos cuantitativamente son los más importantes. Por tanto, debe tenerse presente la aceptabilidad de las fuentes de energía disponibles; y, aunque las concentraciones de energía total en granos, raíces, tubérculos y subproductos de vegetales pueden ser similares, la energía utilizable puede variar ampliamente (29). Son ocho los nutrientes más de mayor importancia que se deben considerar en la elaboración de raciones alimenticias para cerdos, siendo éstos: la proteína, la lisina, el triptófano, la treonina, el calcio, el fósforo aprovechable y la **energía digestible** y metabolizable, aunque también son muy beneficiosos otros como: los otros aminoácidos, los minerales y vitaminas (28).

Una alimentación eficiente en el período de desarrollo y ceba, debe cumplir metas importantes: maximizar la eficiencia de producción de tejido muscular en relación al

tejido graso de la canal y la producción de carne magra con características físicas, químicas y sensoriales aceptables (30).

Desde el punto de vista práctico, los cerdos se pueden clasificar en tres categorías según su capacidad para producir tejido magro. Estas categorías son: alta, media y baja. Las características de los cerdos para ser clasificados en una de estas categorías están basadas en las ganancias diarias de tejido magro, su espesor de grasa dorsal y el tamaño del área del ojo del lomo o de la chuleta (31).

La especie porcina, como ninguna otra, tiene características que la diferencian y la hacen preferencial para muchos productores. Se destaca por la heterogeneidad de su dieta, su buena conversión, adaptabilidad y alta proliferación, así como por el gran rendimiento de su canal, constituida por niveles representativos de proteínas y lípidos (32).

Zert (33) señaló que el tejido adiposo subcutáneo (espesor de la grasa dorsal) se utiliza como punto de referencia para llegar al punto del conocimiento de la adiposidad general de la canal de cerdos, puesto que es fácilmente accesible y representa una fracción importante de los tejidos grasos del cerdo; sus variaciones están estrechamente ligadas con las del engrasamiento general de la canal. Según Schweigert (34) la carne de cerdo aporta proteínas de alto valor biológico (18-20 g proteína/100 g de carne) con un alto contenido en aminoácidos esenciales, lípidos (510 %), carbohidratos (1 %) y minerales (1 %). Se estima que 100 g de carne de cerdo cubren el 7 % de las recomendaciones de ingesta diaria de hierro, 11 % de potasio, 6 % de magnesio, 15 % de zinc, además de ser una fuente importante de fósforo y vitamina B1.

Generalmente, en los sistemas de producción se emplean aditivos alimentarios de forma profiláctica y para mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes e incrementar el rendimiento productivo. Dentro de estos aditivos se encuentran los probióticos, temática que se tratará a continuación.

3.3. Probióticos

El término probiótico se informó por primera vez por Lilly (35) para describir las sustancias producidas por un microorganismo que estimula el crecimiento de otro. Este concepto evolucionó y, en el año 2001, la FAO y la Organización Mundial de la Salud (WHO de sus siglas en inglés) crearon una comisión de expertos para esclarecer dicho término, debido a la rápida incorporación de este tipo de productos en el mercado y su distribución en el ámbito internacional, sin la existencia previa de una normativa comúnmente aceptada (36).

En la actualidad, para definir un probiótico, se utiliza la definición emitida por la FAO/WHO (37), que se refiere a microorganismos vivos que al ser administrados en cantidades adecuadas proporcionan o generan efectos benéficos en la salud del huésped. Es importante señalar que estos microorganismos no deben ser patógenos ni producir efectos colaterales adversos. Además, constituyen una alternativa al uso de antibióticos promotores del crecimiento animal.

3.3.1. Microorganismos empleados como probióticos y requisitos para su selección

Se han utilizado muchas cepas de bacterias como probióticos; las especies más utilizadas son las bacterias del ácido láctico, como *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium* (38). Las especies comerciales de probióticos generalmente se aíslan de la microflora intestinal del consumidor deseado (por ejemplo: humano, pollo o cerdo) y se seleccionan en función de criterios como la resistencia a los ácidos estomacales y las sales biliares, la capacidad de colonizar en el intestino o el antagonismo de Microorganismos potencialmente patógenos (39). Las bacterias del ácido láctico utilizadas como probióticos han incluido: *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii subsp bulgaricus*, *L. brevis*, *L. cellobiosus*, *L. curvatus*, *L. fennentum*, *L. lactis*, *L. plantarum*, *L. reuteri*, *S. cremoris*, *S. salivarius subsp thermophilus*, *E. faecium*, *S. diacetylactis*, *S. intermedius*, *B. bifidum*, *B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. infantis*, *B. animalis*, *B. longum*, *B. infantis*, *B. longum* y *B. thermophilum* (*L. lactobacilli*; *S. Streptococci*; *B. Bifidobacteria*) (40).

Las especies distintas de las bacterias del ácido láctico que se están utilizando actualmente en preparaciones probióticas incluyen especies de *Bacillus* y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*). Las especies de *Bacillus* son en su mayoría organismos del suelo; algunos de los cuales se utilizan para la producción de sustancias antibióticas y no son componentes normales de la microflora indígena (41). Los productos de *Bacillus* podrían competir con otras microflora intestinal por nutrientes (42) o podrían producir una sustancia antibacteriana si los productos se alimentaran continuamente. Las especies de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* se han usado más y se puede encontrar entre la microflora entérica en animales (43).

Según Vasiljevic (44), para que un organismo sea considerado probiótico debe cumplir los siguientes requisitos:

- Caracterización *in vitro*: a) estabilidad fenotípica y genotípica, b) patrones de utilización de carbohidratos y proteínas.
- Resistencia a la acidez gástrica.

- Resistencia a la bilis.
- Adhesión al epitelio intestinal.
- Resistencia a lisozima (opcional).
- Capacidad de utilizar prebióticos (opcional).
- Ensayos *in vivo* e *in vitro* que demuestren el (los) efecto(s) probiótico(s) adjudicado(s).
- No presentar resistencia a antibióticos ni determinantes de patogenicidad.

3.3.2. Modo de acción propuesta para los probióticos

En la literatura científica se proponen varias acciones de los probióticos, aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por los que se producen los efectos. Se plantea que estos microorganismos crean un complejo con las bacterias propias del animal para favorecer los mecanismos de defensa, la producción de sustancias antimicrobianas, la disminución del pH intestinal, la reducción del crecimiento de patógenos, la estimulación de la actividad de macrófagos y linfocitos, lo que influye en mejores rendimientos productivos (45). Además, pueden ejercer acción hipocolesterolemica y alteración del metabolismo microbiano y del hospedero, así como estimular la respuesta inmunitaria. A continuación, se profundizará en estos aspectos. **Acción hipocolesterolemica**

Aún se encuentran en estudio los mecanismos exactos mediante los cuales los probióticos pueden disminuir los tenores de colesterol. Sin embargo Bengmark (46) planteó que la utilización de *Lactobacillus* facilita la producción de caprostenol (esteroides de colesterol) en el colon y ayuda a reducir sus valores en sangre porque éste se excreta. La FAO/WHO (47) sugiere que las bacterias ácido lácticas provocan aumento en la proporción de sales biliares desconjugadas, las que son menos solubles en agua y más fácilmente excretadas por las heces fecales, por lo tanto, disminuye el retorno al hígado y se incrementa la conversión de colesterol en sales biliares. Otros estudios con probióticos confirmaron que se disminuye la absorción de ácidos biliares lo que tiene efecto inhibitorio en la absorción de micelas de colesterol por el intestino delgado (48).

La inclusión de probióticos en la dieta animal puede incrementar los valores de ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Estos (fundamentalmente ácido propiónico) influyen en la disminución de la concentración de colesterol porque provocan inhibición de la enzima hidroximetilglutaril-CoA reductasa (49). De forma general, los probióticos disminuyen los tenores de colesterol (50), lo que facilita la producción de animales con canales menos nocivas para la salud del consumidor. Sin embargo,

es necesario profundizar en la actividad hipocolesterolémica que presentan estos productos para utilizarlos con mayor eficiencia.

3.4. Supresión de microorganismos patógenos

Las bacterias lácticas producen una serie de sustancias antimicrobianas entre las que se encuentran el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el diacetilo, la reuterina, los ácidos orgánicos como el láctico y el acético, y las sustancias de naturaleza proteica conocidas como bacteriocinas, que son péptidos, proteínas o complejos proteicos, producidas por bacterias. Entre estos compuestos se encuentran la nisina, acidolina, bulgaricina, diplococina, lactococina y enterococina, entre otros (51).

La mayoría de los lactobacilos, son capaces de producir H_2O_2 por la oxidación del lactato (52). El peróxido de hidrógeno se produce como mecanismo de protección frente al oxígeno, mediante la acción de oxidasas o NADH (dinucleótido de nicotinamina y adenina) peroxidasas. Al no producir catalasa, el H_2O_2 se acumula en el medio de crecimiento de las bacterias lácticas. La acción bactericida de esta sustancia se atribuye a su efecto altamente oxidante, mediante peroxidación de los lípidos de la membrana y la destrucción de la estructura básica molecular de proteínas celulares (53).

Por otra parte, las bacteriocinas presentan efecto inhibitorio variable. La mayoría actúa contra bacterias Gram positivas, especialmente contra microorganismos relacionados taxonómicamente. Sin embargo, existen bacteriocinas como la acidolina que inhibe bacterias Gram positivas y Gram negativas. Por ejemplo, *Lactobacillus acidophilus*, entre otras muchas especies, puede producir bacteriocinas en altas proporciones con notable efecto contra patógenos como coliformes y bacterias de los géneros *Salmonella* y *Campylobacter*- (54).

3.5. Alteración del metabolismo microbiano y del hospedero

La alimentación y el manejo de los animales son los factores que más influyen en la manipulación de su ecosistema gastrointestinal. Así cuando se consumen probióticos se puede alterar el metabolismo microbiano y del hospedero (55). Se plantea que la ingestión de BAL, que producen y liberan enzimas hidrolíticas, puede ayudar a los procesos digestivos de los animales de granja (56).

3.6. Modulación del sistema inmune

Adicional al efecto fisiológico en la nutrición, la comunidad microbiana autóctona o alóctona del tracto gastrointestinal desarrolla y modula el sistema inmune del hospedero y es una barrera protectora para combatir infecciones microbianas (57).

Lillehoj (58) planteó que la inmunomodulación puede usarse para suprimir o aumentar la inmunidad del huésped y a su vez es específica o inespecífica. La primera implica alteración en la respuesta del sistema inmune a un estímulo antigénico específico, como la que se obtiene en la vacunación, mientras que la segunda es más general donde el estado de alerta del sistema inmune responde a amplia gama de estímulos antigénicos. Los principales componentes del sistema inmune, que son blancos de este proceso, incluyen a los linfocitos B y T, monocitos y macrófagos, granulocitos y células NK (Natural Killer). Las citoquinas y otras secreciones antimicrobianas también pueden ser objeto de estrategias de inmunomodulación. En este sentido, los probióticos cuando se incluyen en la dieta de los animales pueden producir efectos inmunoestimuladores.

Las bacterias lácticas pueden emitir señales al sistema inmune, a través de los receptores de reconocimiento de patrones de la superficie celular innata o directamente por la activación de las células linfoides. Esta acción puede ser suficiente para modular la respuesta inmune *in vivo* a nivel local y sistémico. La incorporación de las bacterias lácticas, levaduras y otros microorganismos probióticos en la dieta potencian los mecanismos de defensa del intestino de los animales, por lo que pueden ser eficaces en la prevención y en la terapia de infecciones entéricas, la inmunoterapia anti-tumor y antialérgica (59).

Perdigón *et al* (60) concluyeron que *L. acidophilus*, *L. delbrueckii* sp., *L. bulgaricus*, *L. casei* y el yogur inducen efectos inmunoestimulantes al incrementar el número de células productoras de IgA. Los autores demostraron que estas bacterias lácticas se pueden utilizar como adyuvantes orales e inmunopotenciadores en animales desnutridos, al aumentar las IgA e IgM y producir translocación bacteriana. También, González, Gómez, & Jiménez (61) evaluaron en cerdos lactantes y destetados la actividad probiótica de *Lactobacillus rhamnosus* como aditivo, y señalaron que contribuyó al mejoramiento de los indicadores de salud en el grupo tratado con respecto al control e incrementó la expresión del potencial de crecimiento, al aumentar el peso relativo del timo y el intestino.

La diarrea es una de las causas más frecuentes de pesadez económica. Pérdidas en operaciones porcinas (62). El efecto de *L. reuteri*. contra la diarrea en cerdos se confirmó en varios reportes (63). La incidencia de diarrea fue menor en lechones alimentados con

L. reuteri I5007 en comparación con un control (64). La *E. coli* enterotoxigénica (ETEC) es una causa importante de diarrea en cerdos neonatos y destetados (65). Huang *et al.* (66) mostró que una preparación de complejo nativo de Lactobacilli (incluyendo *L. gasseri*, *L. reuteri*, *L. acidophilus* y *L. fermentum*) podría prevenir eficazmente la diarrea lechón destete cuando se administra antes del desafío con una solución de *E. coli* (serovars K99, K88 y 987P en una proporción de 1: 1: 1). Wang, Yu H, Gao X, Li X y Qiao S (67) informaron que 12,24 y 48 h después del desafío, los cerdos desafiados con *E. coli* tenían diarrea leve y fecales leves puntuaciones. La suplementación de *L. reuteri* I5007 no alivió estos efectos Solo en el día 10, se alimentó *L. reuteri* I5007. Disminuir la aparición de diarreas. Chen *et al* (68) demostraron que el reuteran producido por *L. reuteri* puede prevenir diarrea de lechones al reducir la adherencia de ETEC K88.

Flores, L (69) evaluó un preparado microbiano en dosis crecientes por kg de peso vivo de lechones destetados, concentrado + 5 mL del preparado microbiano/kgPV (equivalente a $2,0 \times 10^7$ UFC de BAL y $7,5 \times 10^5$ UFC de levaduras), concentrado + 10 mL del preparado microbiano/kgPV (equivalente a $4,0 \times 10^7$ UFC de BAL y $1,5 \times 10^6$ UFC de levaduras), concentrado + 15 mL del preparado microbiano/kgPV (equivalente a $6,0 \times 10^7$ UFC de BAL y $2,25 \times 10^6$ UFC de levaduras). Las diarreas se redujeron y los indicadores productivos mejoraron a medida que se eleva la dosis del preparado microbiano y fue superior donde se adicionó 15 mL/kgPV. El comportamiento de los indicadores anteriores, al adicionar el producto en la dieta de los cerdos destetados y al incrementar su dosis, pudieran estar relacionados directamente con las concentraciones de microorganismos empleadas, que es uno de los factores que pueden incidir en la respuesta de los animales (70). Los microorganismos al ser ingeridos deben resistir la acidez gástrica y las sales biliares, que son las primeras barreras que limitan su supervivencia en el ecosistema gastrointestinal (71). Los probióticos deben tener una concentración de 10^6 - 10^7 células mL^{-1} o g^{-1} para garantizar su eficacia (37). Patil *et. al* (72) concluyeron que el destete en lechones es acompañado de estrés y rendimiento reducido. La alimentación con probióticos puede ser una buena estrategia para combatir estos retos proporcionaría a los científicos mejores opciones, lo que les ayudaría a buscar una nueva opción para el uso y optimización de la alimentación en esta etapa de vida de los cerdos utilizando estos microorganismos vivos de cultivo.

Davis *et al* (73) informaron que la adición de 0,05% de DMF (basado en *B. licheniformis* y *B. subtilis*) mejoran la ganancia diaria de peso y reduce las tasas de mortalidad de cerdos en crecimiento y de finalización. Alexopoulos *et al* (74) demostraron que la suplementación de probióticos (*B. licheniformis* y *B. subtilis*) del alimento mejoró la ingesta de alimento para cerdas y disminuyó la pérdida de peso durante el período

de lactancia en granjas comerciales. Reyes *et al* (75) concluyeron que la adición del probiótico *E. faecium* a dietas sorgo-pasta de soya, estándar y con baja proteína, no afecta las variables productivas, las características de la canal, y la concentración de urea en plasma de cerdos en iniciación, crecimiento y finalización. La disminución de la proteína en la dieta no afectó negativamente la respuesta productiva ni las características de la canal; se tiene un efecto benéfico al reducirse la concentración de urea en plasma en cerdos alimentados con dietas con baja proteína. El probiótico utilizado aumenta la población en heces de la bacteria adicionada en la dieta, así como la concentración total de la microflora.

El período neonatal es un momento crítico en la ontogenia de los lechones, debido al hecho de que el sistema gastro intestinal y la inmunidad aún no se ha desarrollado completamente (76). Estas deficiencias dan como resultado una baja resistencia a las enfermedades en los lechones y hacerlos vulnerables a la invasión por microorganismos patógenos. Una infección grave o reacción de estrés en el neonato tiene un impacto negativo en los lechones, afectando así a todo el proceso de individual desarrollo (77). La suplementación de LAB en lechones neonatales puede regular la formación de la microflora intestinal del lechón, beneficiando así la salud de los lechones (76, 77). Liu *et al* (78) encontraron que la administración oral de *L. fermentum* I5007 en lechones alimentados con fórmula

(se dosifica diariamente con 6×10^9 UFC / ml de *L. fermentum* I5007. Liu *et al* (78) encontraron que la administración oral de *L. fermentum* I5007 en lechones alimentados con fórmula (se dosifica diariamente con 6×10^9 UFC / ml de *L. fermentum* I5007 disuelto en 3 mL de agua con peptona al 0,1 % una vez al día durante 14 días en comparación con solo agua con peptona al 0,1 % en el control grupo) favoreció el desarrollo intestinal y redujo el número de enfermedades potencialmente enteropatógenas *Escherichia* spp y *Clostridium* spp en lechones neonatales. Esto fue consistente con un estudio anterior que muestra que los lechones recibieron LAB (alimentación enteral durante dos días con fórmula con LAB frente a porcino). calostro o grupos de fórmula) tenían una menor densidad del patógeno potencial *Clostridium perfringens* (77). Además, las bacterias comensales de *Lactobacillus* se asociaron más estrechamente con los enterocitos a lo largo del Vellosoidad-cripta en lechones tratados con LAB (77).

Durante el destete, los lechones se enfrentan a una considerable cantidad de estrés psicológico inducido por cambios en la alimentación y el medio ambiente. El LAB puede aliviar el estrés del destete, prevenir la diarrea y promover el crecimiento de lechones durante y después del destete (79, 80, 81); además de mejorar el intestino microbiota de lechones, la inclusión de *Enterococcus faecium* mejoró significativamente

el crecimiento y la alimentación Conversión de cerdos al destete (82). Complejos LAB, como una combinación de *E. faecium*, *L. acidophilus*, *Pediococcus pentosaceus* y *L. plantarum* (una dieta basal sin antibióticos o los probióticos se utilizaron como control y los otros tres grupos recibieron la dieta de control suplementada con 600 ppm de uno de los tres complejos LAB diferentes) aumento de la ingesta de alimento y aumento de peso y mejor alimentación conversión (81). Yu *et al* (83) demostraron que *L. fermentum* I5007 (una dieta basal con *L. fermentum* suplementación como grupo experimental frente a una dieta basal sin antibióticos o *L. fermentum* como grupo de control) colonizado y adherido al epitelio GIT forma una membrana protectora contra microbios patógenos a la vez que modulan la inmunidad junto con la promoción de la Expresión de MUC2 y MUC3. Además, *L. fermentum* I5007 exhibió efectos adicionales en aliviar el síndrome de estrés del destete mediante el aumento de los niveles de proteínas involucradas en la energía metabolismo, metabolismo de los lípidos, estructura y movilidad celular, síntesis de proteínas, respuesta inmune, y mejoró el sistema de defensa antioxidante, facilitando así la proliferación celular.

4. CONCLUSIONES

Los datos disponibles de estudios y aplicaciones de probióticos en cerdos indican claramente que estos tienen un gran potencial como alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación de esta especie. Sin embargo, las cepas probióticas no son una sola entidad. Diferentes cepas, incluso de la misma especie, pueden tener diferentes efectos metabólicos que a su vez afectan el rendimiento y el sistema inmunológico del huésped, por lo que es indispensable estudiar el efecto las diferentes especies y cepas individualmente.

References

- [1] Davies, P. 2011. Intensive Swine Production and Pork Safety. Foodborne Pathogens and disease. 8: 189-201.
- [2] Cajarville, C., Brambillasca, S. & Zumino, P. Utilización de prebióticos en monogástricos: aspectos fisiológicos y productivos relacionados al uso de subproductos de agroindustrias y de pasturas en lechones. Revista Porcicultura Iberoamericana. 1: 1-11.
- [3] Maron, D., Smith, T. & Nachman, K. 2013. Restrictions on antimicrobial use in food animal production: an international regulatory and economic survey. Globalization

- and Health. 9: 1-11.
- [4] Thacker, P. 2013. Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 4: 1-12.
- [5] FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. April 30 and May 1. London Ontario, Canadá. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf. Consultado, enero 2019.
- [6] Jurado, H., Romo, S., & Benavidez, V. 2013. Evaluación del efecto probiótico de *Lactobacillus plantarum* en la alimentación de lechones en fase de precebo como una alternativa del uso de antibióticos. *Revista Investigación Pecuaria*. 2: 55-62.
- [7] FAO. 2014a. Cerdos, Producción y Sanidad Animal. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html>. Consultado, Enero 2019.
- [8] FAO. 2014b. Cerdos y producción animal. Producción y Sanidad Animal. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>. Consultado, Enero 2019.
- [9] INEC. 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Estadísticas de la Semana. Resultados Censos de Población. Disponible en <http://www.inec.gob.ec/cpv/>. Consultado, Enero 2019.
- [10] ProChile. 2013. Estudio de Canal de Distribución Carne de Cerdo en Ecuador. Disponible en http://www.prochile.gob.cl/wpcontent/blogs.dir/1/files_mf/1384531955Ecuador_Canal_Cerdo_2013.pdf. Consultado, Enero 2019.
- [11] ASPE. (2013). Asociación de Porcicultores del Ecuador. Primer censo porcino 2010. Estadísticas censo porcino 2013. Disponible en <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/estadisticas-porcicolas---2013>. Consultado, Enero 2019.
- [12] Herpin, P., Le Dividich, J., Hulin, J.C., Fillaut, M., De Marco, F. & Bertin, R. (1996). Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *Journal of Animal Science*. 74: 2067-2075.
- [13] English, R., Smith, W. & Maclean, A. 1985. La cerda: cómo mejorar su productividad. 2ª ed. Ed. El Manual moderno. S.A. México, México. p. 391.
- [14] Bengmark, S. 1998. Ecological control of the gastrointestinal tract. The role of probiotic flora. *Gut*. 42: 2-7.
- [15] Lambert, G. 2009. Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. *Journal Animal Science*. 87: 101-108.

- [16] Mackie, R. & White, B. 1997. En: *Gastrointestinal Microbiology*. Vol. 1. *Gastrointestinal ecosystems and fermentations*. Chapman & Hall Microbiology Series. New York, USA. 658 p.
- [17] Cunningham, H. 1959. Digestion of starch and some of its degradation products by newborn pigs. *Journal Animal Science*. 18: 964-975.
- [18] Makkink, C., Berntsen, J., Opdenkmp, M., Kemp, B. & Verstegen, M. (1994). Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme, activities and yeyunal morphology in newly-weaned piglets. *Journal of Animal Science*. 72: 2843-2850.
- [19] Moran, E. 2002. *Comparative nutrition of fowls and swine. The gastrointestinal system*. office for educational Practice. University of Guelph. Guelph, Ontario, Canadá. p. 253.
- [20] Easter, R. 1995. Growth, body composition and nutrition. En: *Memorias Curso de Lance*. San José, Costa Rica. p. 17.
- [21] Hester, N., Comstock, S., Thorum, S., Monaco, H., Pence, D., Woods, J. & Donovan, S. 2012. Intestinal and systemic immune development and response to vaccination are unaffected by dietary (1,3/1,6)- β -dGlucan supplementation in neonatal piglets. *Clinical and Vaccine Immunology*. 19:1499-508.
- [22] Quiles, A. 2008. Características de la flora intestinal de lechón: Efecto de los probióticos. *Edipor*. 102:19-22.
- [23] Pluske, J., Hopwood, D. & Hampson, D. 2003. Relación entre la microbiota intestinal, el pienso, la incidencia de diarreas y su influencia sobre la salud del lechón tras el destete. En *memorias: XIX Curso de Especialización FEDNA*. 23-24 de octubre. Madrid, España. p. 96.
- [24] Reis de Souza, T., Guerrero, M., Aguilera, B. & Mariscal, G. 2005. Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados. *Revista Técnico Pecuaria en México*. 43:309-321.
- [25] Dirkzwager, A., Veldman, B. & Bikker, P. 2005 A nutritional approach for the prevention of Post Weaning Syndrome in piglets. *Journal of Applied Animal Research*. 54: 231-236.
- [26] Le Dividich, J. & Sève, B. 2000. Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic Animal Endocrinology*. 19: 63-74.
- [27] Easter, R. & Ellis, M. 2000. Feeding the growing-finishing pig. In *Memorias: Swine Nutrition Lance Coerce*. San José, Costa Rica. p.7.

- [28] Campabadal, C. & Navarro, H. 1996. Alimentación de cerdos en desarrollo y engorde para la obtención de máximos rendimientos productivos. En: INA (Instituto Nacional de Aprendizaje). Capacitación en Alimentación Porcina. San José (CR): PIITTA CERDOS (Programa de Investigación y Transferencia Tecnológica en Cerdos). p. 59-79.
- [29] Pond, W. & Maner, J. 1974. Producción de cerdos en climas templados y tropicales. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 875.
- [30] Stahly, T. 1993. Nutrition effects on lean growth, carcass composition. *Fedstuffs*. 65: 764-767.
- [31] Hollis, G. 1996. Feeding management for all classes of swine. En: Memorias de LANCE, San José, Costa Rica. p.22.
- [32] Fernández, R. 2000. Necesidades nutricionales del lechón. *Porcino Aula Veterinaria*. 55: 39-50.
- [33] Zert, P. 1979. *Vademécum del Productor de Cerdo*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 423.
- [34] Schweigert, S. 1994. Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y los productos cárnicos. En:
- [35] *Ciencia de la Carne y los Productos Cárnicos*. 2^a ed. en español. Editorial. Acribia, S.A. Zaragoza, España. p. 249-277.
- [36] Lilly, D., Stillwell, R. 1965. Probiotics growth promoting factors produced by microorganisms. *Science*. 147: 747-748.
- [37] Sanz, Y., Collado, M.C. & Dalmau, J. 2003. Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo. *Acta Pediátrica Española*. 61: 476-482.
- [38] FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. April 30 and May 1. London Ontario, Canadá. Disponible en: <http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf>. Consultado, enero 2019.
- [39] Dunne, C., L. O'Mahony, L. Murphy, G. Thomton and D. Monissey et al., 2001. In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: Correlation with in vivo findings. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73: 386S392S.
- [40] Verdenelli, M.C., F. Gheltà, S. Silvi, C. Orpianesi, C. Cecchini and A. Cresci, 2009. Probiotic properties of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus paracasei* isolated from human faeces. *Eur. J. Nutr.* 48: 355363.

- [41] Sekhon, B.S. and S. Jairath, 2010. Prebiotics, probiotics and synbiotics: An overview. *J. Phann. Educ. Res.*, 1: 13-36.
- [42] Jonsson, E. and P. Conway, 1992. Probiotics for Pigs. In: *Probiotics: The Scientific Basis*, Fuller, R. (Ed.). Chapman and Hall, London, pp: 260.
- [43] Hentges, D.J., 1992. Gut Flora in Disease Resistance. In: *Probiotics: The Scientific Basis*, Fuller, R. (Ed.). Chapman and Hall, London, pp: 87.
- [44] Mathew, A.G., S.E. Chattin, C.M. Robbins and D.A. Golden, 1998. Effects of a direct-fed yeast culture on enteric microbial populations, fermentation acids and performance of weanling pigs. *J. Anim. sci.*, 76: 21382145.
- [45] Vasiljevic, T. & Shah, N. 2008. Probiotics - from Metchnikoff to bioactive. *International Dairy Journal*. 18: 714-728.
- [46] Milián, G. 2009. Obtención de cultivos de *Bacillus spp.* y sus endosporas. Evaluación de su actividad probiótica en pollos (*Gallus gallus domesticus*). Tesis presentada para la opción de Doctor en Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba. p. 98.
- [47] Bengmark, S. 1996. Econutrition and health maintenance. An new concept to prevent GI inflammation, ulceration and sepsis. *Clin. Nutr.* 15: 1-10.
- [48] Shah, N. 2000. Some beneficial effects of probiotic bacteria. *Bioscience Microflora* 19: 99-106.
- [49] Kiessling, G., Schneider, J. & Jahreis, G. 2002. Long-term consumption of fermented dairy products over 6 months increases HDL cholesterol. *European Journal of Clinical Nutrition*. 56: 843-849.
- [50] Hara, H., Haga, S., Aoyama, Y. & Kiriya, S. 1999. Short-chain fatty acids suppress cholesterol synthesis in rats liver and intestine. *Journal of Nutrition*. 129: 942-948.
- [51] Nakano, T., Shimizu, M., Fukushima, M. & Yumiyoshi, S. 1999. Effects of a probiotic on the lipid metabolism of pullet hen as a cholesterol-enriched diet. *Biotechnology Biochemistry*. 63: 1569-1575.
- [52] González, B., Gómez, M. & Jiménez, Z. 2003. Bacteriocinas de probióticos. *Salus cum propositum vitae*. 4:April-
- [53] Junio. Disponible en: <<http://www.respyn.uanl.mx/iv/2/ensayos/bacteriocinas.htm>>. Consultado: Enero 2019.
- [54] Ammor, M. & Mayo, B. 2007. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Science*. 76: 138-146.
- [55] Stanier, R., Ingraham, J., Wheelis, M. & Painter, P. 1992. *Microbiología*. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España. p. 195- 197.

- [56] Belguesmia, Y., Choiset, Y., Prévost, H., Dalgalarrodo, M., Chobert, J.M. & Drider, D. 2010. Partial purification and characterization of the mode of action of enterocin S37: A bacteriocin produced by *Enterococcus faecalis* S37 isolated from poultry feces. *Journal of Environmental and Public Health*. Volume. 2010: 1-8.
- [57] Nomoto, K. 2000. Immunoregulatory functions of Probiotics. *Bioscience and Microflora*. 19:18.
- [58] Seifert, H.S. & Gessler, F. (1996). Oral long-term administration of probiotic *B. cereus* an alternative to the prevention of enterotonaemia. *Dtsch Tierarztl. Wochenschr*. 103: 386-389.
- [59] Guarner, F. 2002. El colon como órgano: hábitat de la flora bacteriana. *Nutrición Hospitalaria*. 2: 7-10.
- [60] Lillehoj, H. 2007. Mejorando la inmunidad innata de aves a través de nuevas estrategias inmunológicas y genómicas. En: *Memorias del XX Congreso Latinoamericano de Avicultura*. 25-28 de septiembre. Porto Alegre, Brasil. p.53-72.
- [61] Vendrell, D., Balcázar, J.L, de Blas, I., Ruiz-Zarzuola, I., Gironés, O. & Muzquiz, J.L. 2008. Protection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from lactococcosis by probiotic bacteria. *Comparative Immunology Microbiology Infectious*. 31: 337-345.
- [62] Perdigón, G.; Alvarez, S.; Nader de Macías, M.E. & Medici, M. 1990. The oral administration of lactic acid bacteria increase the mucosal immunity in response to enteropathogens. *Journal Food Protection*. 53: 404-410
- [63] González, B., Gómez, M. & Jiménez, Z. 2003. Bacteriocinas de probióticos. *Salus cum propositum vitae*. 4:AbrilJunio. Disponible en: <<http://www.respyn.uanl.mx/iv/2/ensayos/bacteriocinas.htm>>. Consultado, Enero 2019.
- [64] Fairbrother JM, Nadeau E, Gyles CL. 2005 *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. *Anim Health Res Rev*; 6:17--39.
- [65] Chen XY, Woodward A, Zijlstra RT, Ganzle MG. 2014. Exopolysaccharides synthesised by *Lactobacillus reuteri* protect against enterotoxigenic *Escherichia coli* in piglets. *Appl Environ Microbiol*;80:5752--5760.
- [66] Liu H, Zhang J, Zhang S, Yang F, Thacker PA, Zhang G. 2014. Oral administration of *Lactobacillus fermentum* I5007 favors intestinal development and alters the intestinal microbiota in formula-fed piglets. *J Agric Food Chem*; 62:860--866.
- [67] Francis DH. 2002. Enterotoxigenic *Escherichia coli* infection in pigs and its diagnosis. *J Swine Health Prod*.;10:171--175.

- [68] Huang CH, Qiao SY, Li DF, Piao XS, Ren JP. 2004. Effects of *Lactobacillus* on the performance, diarrhea incidence, VFA concentration and gastrointestinal microbial flora of weaning pigs. *Asian-Aust J Anim Sci.*; 17:401-- 409.
- [69] Wang A1, Yu H, Gao X, Li X, Qiao S. 2009. On the intestinal and systemic immune responses of healthy and *E. coli* challenged piglets. *Antonie Van Leeuwenhoek.*; 96:89--98.
- [70] Chen XY, Woodward A, Zijlstra RT, Ganzle MG. 2014. Exopolysaccharides synthesised by *Lactobacillus reuteri* protect against enterotoxigeni *Escherichia coli* in piglets. *Appl Environ Microbiol.*; 80:5752--60.
- [71] Flores, L.; García, Y.; Proaño, F.; Caicedo, W 2015. *Ciencia Y Agricultura.* 12: 59-70.
- [72] Kim, E., Hong, H., Hong, N., Choi, K., Hann, Y., Kangwan, N., Chao, Y. & Hahn, K. 2012. Concentrated Probiotics Improve Inflammatory Bowel Diseases Better than Commercial Concentration of Probiotics. *Journal of Food and Drug Analysis.* 20: 292-295.
- [73] Noriega, L., Gueimonde, M., Sánchez, B., Margolles, A. & de los Reyes, C. 2004. Effect of the adaptation to high bile salts concentrations on glycoside activity, survival at low pH and cross-resistance to bile salts in *Bifidobacterium*. *International Journal Food Microbiol.* 94: 79-86.
- [74] Patil, A.; Kumar, S.; Verma, A. & Baghel, R 2015. *Livestock Research International.* 3:31-38.
- [75] Davis, M.E., T. Parrott, D.C. Brown, B.Z. de Rodas, Z.B. Johnson, C.V. Maxwell and T. Rehberger, 2008. Effect of a *Bacillus*-based direct-fed microbial feed supplement on growth performance and pen cleaning characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. sci.*, 86: 1459-1467.
- [76] Alexopoulos, C., I.E. Georgoulakis, A. Tzivara, S.R. Khtas, A. Siochu and S.C. Ryriakis, 2004. Field evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* spores, on the health status and performance of sows and their litters. *J Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 88: 381-392.
- [77] Reyes, I., Figueroa, J.L.; Cobos, M.A.; Sánchez, M.T.; Zamora, V. & Cordero, J.L. (2012). Probiótico (*Enterococcus faecium*) adicionado a dietas estándar y con baja proteína para cerdos. *Archivos de Zootecnia.* 61:589-598.
- [78] Hansen, C.H.; Nielsen, D.S.; Kverka, M.; Zakostelska, Z.; Klimesova, K.; Hudcovic, T.; Tlaskalova-Hogenova, H.; Hansen, A.K. (2012) Patterns of early gut colonization shape future immune responses of the host. *PLoS One.* 7, 34043.3050.
- [79] Siggers, R.H.; Siggers, J.; Boye, M.; Thymann, T.; Molbak, L.; Leser, T.; Jensen, B.B.; Sangild, P.T. (2008). Early administration of probiotics alters bacterial colonization

and limits diet-induced gut dysfunction and severity of necrotizing enterocolitis in preterm pigs. *J. Nutr.* 138, 1437--1444.

- [80] Liu, H.; Zhang, J.; Zhang, S.H.; Yang, F.J.; Thacker, P.A.; Zhang, G.L.; Qiao, S.Y.; Ma, X. (2014) Oral administration of *Lactobacillus fermentum* I5007 favors intestinal development and alters the intestinal microbiota in formula-fed piglets. *J. Agric. Food Chem.* 62, 860--866.
- [81] Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66, 365--378.
- [82] Kanitz, E.; Manteuffel, G.; Otten, W. 1998. Effects of weaning and restraint stress on glucocorticoid receptor binding capacity in limbic areas of domestic pigs. *Brain Res.* 804, 311-- 315.
- [83] Ross, G.R.; Gusils, C.; Oliszewski, R.; de Holgado, S.C.; Gonzalez, S.N. 2010 Effects of probiotic administration in swine. *J. Biosci. Bioeng.* 109, 545--549.
- [84] Malloa, J.J.; Rioperezb, J.; Honrubiaa, P. 2010. The addition of *Enterococcus faecium* to diet improves piglet's intestinal microbiota and performance. *Livest. Sci.* 26, 243-256.
- [85] Giang, H.H.; Viet, T.Q.; Ogle, B.; Lindberg, J.E. 2010 Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria. *Livest. Sci.* 129, 95--103.
- [86] Malloa, J.J.; Rioperezb, J.; Honrubiaa, P. 2010. The addition of *Enterococcus faecium* to diet improves piglet's intestinal microbiota and performance. *Livest. Sci.* 26, 243-256.
- [87] Yu, H.F.; Wang, A.N.; Li, X.J.; Qiao, S.Y. 2008. Effect of viable *Lactobacillus fermentum* on the growth performance, nutrient digestibility and immunity of weaned pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 17, 61--69.