

Uso de probióticos en la nutrición de animales domésticos. Revisión de literatura

Patiño Cortes Geraldine¹, Barrientos Grajales Sorany Milena²

¹ Estudiante del programa de medicina veterinaria y zootecnia; ² Docente del programa de medicina veterinaria y zootecnia, grupo de investigación BIOPEC. Universidad Tecnológica de Pereira

Resumen

Los probióticos son organismos vivos que se adicionan en la dieta y permanecen activos en el intestino con el fin de alterar la microbiota natural para proliferar bacterias beneficiosas y así estimular varios mecanismos fisiológicos del cuerpo. El objetivo de este estudio fue crear una herramienta informativa de fácil acceso, donde se encuentren los datos más relevantes del uso de probióticos en medicina veterinaria y zootecnia, midiendo tanto los parámetros clínicos como productivos. Toda la información fue obtenida a través de las bases de datos científicas PubMed, Science Direct y Scielo utilizando los términos de búsqueda probiotics and animal health, probiotics and animal production, probiotics and animal nutrition. Para la descripción del comportamiento del uso de probióticos en el mundo se usaron referencias con un rango de 10 años de antigüedad y para realizar la revisión de literatura, se usaron referencias con 5 años de antigüedad. Se encontró que en el área clínica donde se estudiaron caninos y felinos, los probióticos son usados principalmente para mitigar enfermedades entéricas causada por malnutrición normalmente, siendo la principal patología la diarrea hemorrágica aguda. Las principales cepas usadas fueron *Lactobacillus spp* y *Bifidobacterium spp*. En el área zootécnica se ha evaluado la influencia de los probióticos en los parámetros bioproductivos de los animales, tratando directamente todas las alteraciones del tracto gastrointestinal que llevan a que una

producción animal disminuya la calidad de su producto final. Se encontraron trabajos en porcinos, bovinos, equinos, aves y acuicultura. En la mayoría de áreas investigadas se pudo concluir que el uso de probióticos reduce y controla las enfermedades entéricas más comunes, permitiendo un aumento de ingesta, conversión de alimento diario, disminución del 30-50% de episodios de diarrea y la reducción de la población de algunas cepas bacterianas patógenas en el tracto gastrointestinal del individuo. Las principales cepas estudiadas en producción animal son *Lactobacillus spp*, *Bifidobacterium spp*, *Bacillus spp* y *Saccharomyces spp*. Es necesario el desarrollo de más estudios para respaldar los resultados que aquí se muestran, debido a que las condiciones experimentales de todas las investigaciones estudiadas son diferentes, en cuanto a las cepas evaluadas, población estudiada y variables medidas. Por esta razón, aunque la mayoría de los resultados son positivos, estos deben ser usados con prudencia.

Palabras claves: actividad antimicrobiana, fermentación láctica, ingestión, microorganismos vivos y suplementación.

Abstract

Probiotics are living organisms that are added to the diet and remain active in the intestine in order to alter the natural microbiota to proliferate beneficial bacteria and stimulate various physiological mechanisms in the body. The objective of this study was to create an easily accessible informative tool where the most relevant data on the use of probiotics in veterinary medicine and zootechnics can be found, measuring both clinical and productive parameters. All the information was obtained through the scientific databases PubMed, Science Direct and Scielo using the search terms probiotics and animal health, probiotics and animal production, probiotics and animal nutrition. For the description of the behavior of the use of probiotics in the world, references with a range of 10 years of age were used and for the literature review, references with 5 years of age were used. It was found that in the clinical area where canines and felines were studied, probiotics are mainly used to treat enteric diseases normally caused by malnutrition, one of the

main pathologies is acute hemorrhagic diarrhea. The main strains used were *Lactobacillus spp* and *Bifidobacterium spp*. In the zootechnical area, the influence of probiotics on the bioproductive parameters of animals is evaluated, directly treating all the alterations of the gastrointestinal tract that lead to a decrease in the quality of the final product of animal production. Jobs were found in pigs, cattle, horses, poultry and aquaculture. In most of the areas investigated it was possible to conclude that the use of probiotics reduces and controls the most common enteric diseases, allowing an increase of intake, daily feed conversion, decrease of 30-50% of diarrhea episodes, decrease of some bacterial strains in the gastrointestinal tract of the individual. The main strains used were *Lactobacillus spp*, *Bifidobacterium spp*, *Bacillus spp*, *Saccharomyces spp*. It is necessary to develop more studies to support the results shown here, because the experimental conditions of all the researchers studied are different, in terms of the strains evaluated, the population studied and the variables measured. For this reason, although most results are positive, they should be used with caution.

Introducción

Los probióticos hacen parte de un gran grupo de microorganismos vivos que conviven en el tracto gastrointestinal del hospedador, se adhieren a la pared del intestino y estimulan la proliferación de bacterias beneficiosas para contrarrestar las bacterias patógenas existentes (1). En medicina veterinaria y zootecnia existen diversos estudios de investigación sobre cómo usar los probióticos en la nutrición animal y como estos son una alternativa viable para mejorar los parámetros clínicos y productivos de los animales (2).

Principalmente la alternativa de usar otros suplementos alimenticios para tratar patologías comunes en el área animal, fue tomada a partir de la prohibición de varios medicamentos como los antibióticos, que eran usados indiscriminadamente para tratar cualquier patología que se presentará; creando resistencia a los medicamentos, patologías secundarias por un mal tratamiento, aumento en la incidencia de enfermedades y aumento en el índice de muerte (3,4). A través de estos estudios se observó que los probióticos no solo funcionan para mantener

estable la microbiota intestinal, si no, que a través de este ambiente ideal potencializa otros mecanismos disminuyendo la aparición de enfermedades entéricas que son muy comunes en animales de producción y también fortaleciendo el sistema inmune, que beneficia a largo plazo la salud del animal manteniéndola estable (5). Aunque son muchos los estudios sobre este tema en veterinaria, la diversidad en las condiciones específicas de cada ensayo hace necesario realizar una revisión de las publicaciones recientes donde se reúna la información más importante, los últimos hallazgos y las posibles aplicaciones de los probióticos en clínica y producción animal.

Por lo tanto, objetivo de este trabajo fue describir y analizar la información sobre el uso de probióticos como aditivo alimenticio en animales domésticos, como una alternativa para reemplazar algunos medicamentos que son dañinos para la salud animal, generando más innovación y bienestar en el área de medicina veterinaria y zootecnia. Con esto se espera crear una herramienta de consulta fácil para todas las personas que estén interesadas en indagar sobre el tema y estén aplicando este suplemento en algún ámbito animal, dando soporte a los resultados que estén buscando.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda a través de las bases de datos científicas Science Direct, PubMed y Scielo utilizando los términos de búsqueda probiotics and animal health, probiotics and animal production y probiotics and animal nutrition. A partir de esta búsqueda se recopiló la información del número total de artículos publicados en los últimos 10 años para observar el comportamiento de la producción científica en este tema durante la última década.

A partir de la búsqueda realizada anteriormente, se seleccionaron 50 publicaciones de los últimos 5 años que incluyen artículos resultado de investigación y artículos de revisión sistémica. A partir de ellas, se recolectó y organizó la información respecto a la especie animal estudiada, las bacterias o cepas probióticas evaluadas y los resultados más relevantes obtenidos desde el ámbito zootécnico y clínico. Posteriormente, se hizo un análisis de los datos

encontrados, en el cual se agruparon las bacterias reportadas en los estudios, en clases para identificar cuáles son utilizadas más frecuentemente como probióticos en la dieta de los animales.

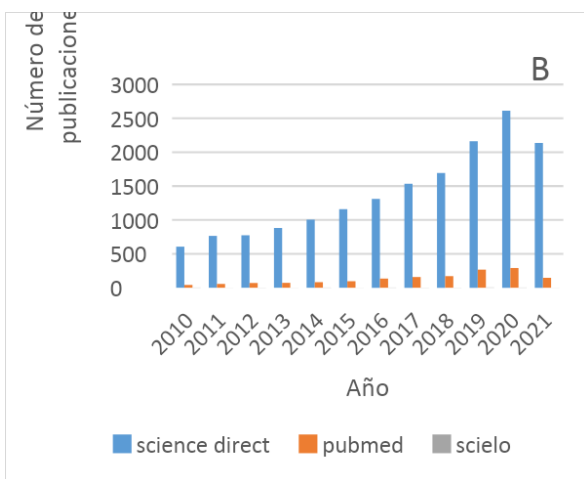
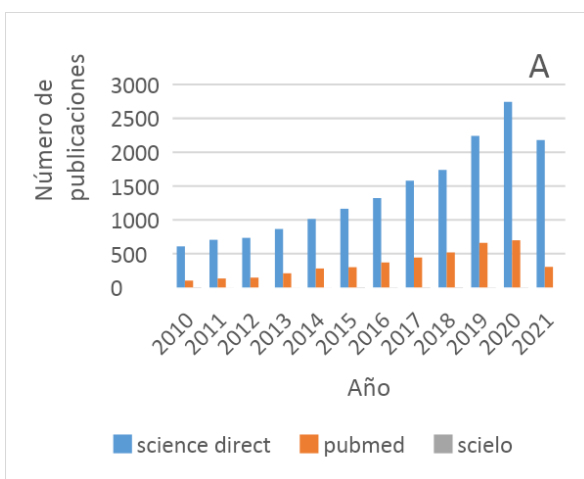
Resultados y discusión

Descripción del comportamiento de las publicaciones científicas encontradas en las bases de datos sobre probióticos en animales

Se realizó una búsqueda a través de las bases de datos escogidas para conocer el comportamiento en los últimos 10 años de las publicaciones científicas disponibles sobre el uso de probióticos como suplemento alimenticio en el área de ciencias de la salud animal y producción animal. En la **figura 1** se muestra la comparación de los resultados de búsqueda con los términos probiotics and animal health, probiotics and animal production y probiotics and animal nutrition en las tres bases de datos científicas. Se obtuvieron un total de 52.571 resultados al buscar las tres palabras claves con un rango de antigüedad de 10 años, donde Science Direct tuvo un total de 45.268 resultados, PubMed 7.238 resultados y Scielo 65 resultados. Para el año 2010, el término de búsqueda probiotics and animal health obtuvo un total de 715 publicaciones entre las tres bases de datos consultadas, frente a un total de 3446 en el año 2020. Así mismo, el término probiotics and animal production entre las tres bases de datos obtuvo un total de 650 publicaciones para el año 2010 y para el año 2020 de 2907. Por último, el término de búsqueda probiotics and animal nutrition entre las tres bases de datos mostró un número de publicaciones de 483 publicaciones en el año 2010 y de 2128 en el año 2020. Estos resultados demuestran que durante la última década se ha presentado un crecimiento anual en el número de publicaciones sobre el tema de probióticos en animales, evidenciando su relevancia y aplicación como alternativa terapéutica o potencializadora del desempeño productivo en animales domésticos.

En el 2021 se observa un decrecimiento en el número de publicaciones frente a los resultados del 2020, sin embargo, eso se debe a que el presente estudio fue realizado en el año 2021 por lo cual no se incluyeron la totalidad de las

publicaciones realizadas ese año. La base científica Scielo mostró la menor cantidad de artículos publicados para todas las búsquedas realizadas, debido posiblemente a que la mayoría de sus revistas pertenecen a países latinoamericanos, donde la producción académica es menor.



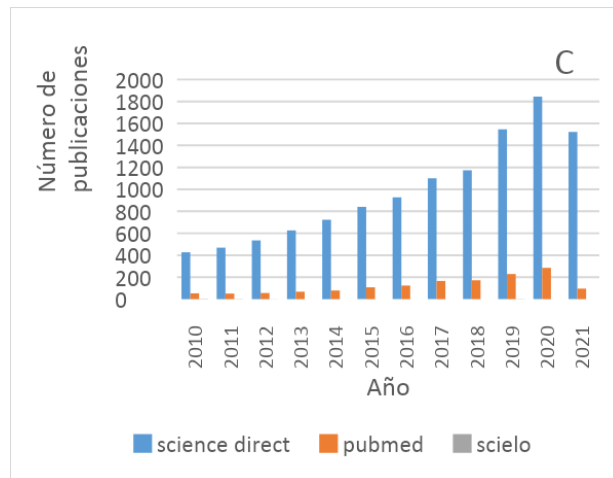


Figura 1. Comportamiento en los últimos 10 años del número de publicaciones en las bases de datos científicas Sciencie Direct, PubMed y Scielo, al utilizar los términos de búsqueda probiotics and animal health (A), probiotics and animal production (B) y probiotics and animal nutrition (C) respectivamente.

Principales cepas biológicas usadas como probióticos en medicina veterinaria y zootecnia

Se analizaron 50 artículos resultado de investigación publicados en los últimos 5 años y a partir de ellos se identificaron las principales cepas biológicas estudiadas. Teniendo en cuenta que algunos artículos trabajaron con más de una cepa en un mismo estudio, se encontraron más de 100 especies de bacterias diferentes, las cuales pertenecen a un total de 33 géneros, donde el 69,6% son bacterias gram positivas y el 30,3% son gram negativas.

Para realizar un mejor análisis, los microorganismos fueron agrupados según su clase (desde el punto de vista taxonómico). En algunos trabajos no utilizaron cepas probióticas específicas, sino productos comerciales, por lo cual se agruparon en una categoría con ese nombre. Como se muestra en la **figura 2**, el 51% de bacterias utilizadas pertenecen a la clase *Bacilli* siendo los *Lactobacillus spp* y *Bacillus spp* las más usadas, un 13% pertenece a la clase *Actinobacteria*

siendo las *Bifidobacterium spp* las más usadas, un 12% pertenece a la clase *Gammaproteobacteria* siendo los *Vibrios spp* los más usados, un 10% pertenece a productos comerciales sin especificidad de bacterias, otro 10% a la clase *Saccharomycetes* siendo las *Saccharomyces spp* las más usadas, un 2% pertenece a la clase Clostridia y el 2% faltante pertenece a las clases *Bacteroidia* y *Alphaproteobacteria*.

Para que un microorganismo sea considerado como probiótico debe cumplir con algunos criterios de selección tales como, ser bacterias beneficiosas propias del tracto gastrointestinal, no ser sensibles a enzimas proteolíticas, ser capaces de sobrevivir el tránsito gástrico, tener capacidad de adhesión a las superficies epiteliales, sobrevivir en el ecosistema intestinal, producir componentes antimicrobianos, mantenerse vivas y estables durante su empleo, deben proliferar en el ciego y deben tener la capacidad de inmunoestimulación pero sin efectos pro inflamatorios (6). La clase *Bacilli* se seleccionó originalmente por su resistencia a los jugos gástricos y a la digestión biliar, también por su capacidad de colonizar a lo largo del tracto digestivo. Son bacterias que no poseen plásmidos, así que su resistencia a los antibióticos es estable. Producen solamente ácidos lácticos, en su membrana posee factores de adhesión que les ayuda en la interacción con los enterocitos. Inhibe otras bacterias anaerobias in vitro como; *Clostridium*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Pseudomonas*, *Enterobacterias*. También inhiben bacterias patogénicas como el *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* y *Salmonella*. Los efectos de estas bacterias como probióticos duran sólo mientras sean consumidos (7).

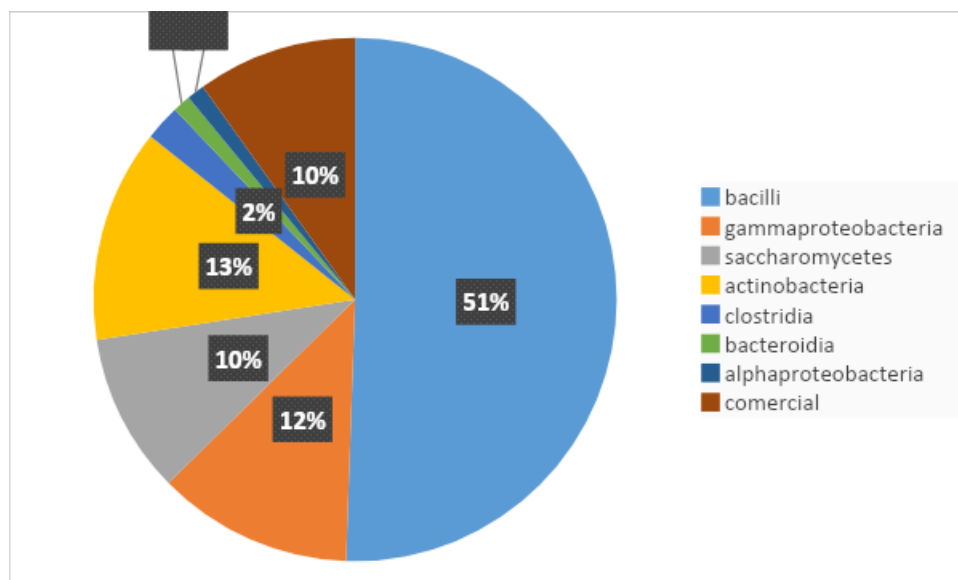


Figura 2. Clasificación de las principales cepas biológicas según su clase, utilizadas en los 50 artículos de investigación escogidos para la presente revisión de literatura.

Principales usos de los probióticos en nutrición de perros y gatos

Los perros y gatos conviven con los humanos desde hace mucho tiempo atrás, teniendo que adaptarse al mismo ritmo de vida de sus dueños, pasando de ser carnívoros estrictos en sus antepasados, a consumir actualmente piensos o dietas altas en carbohidratos, así que su equilibrio de nutrientes y bienestar depende netamente de las dietas administradas por sus dueños (8). Las enfermedades gastrointestinales en perros y gatos son muy frecuentes y los probióticos pueden proporcionar alternativas seguras a los tratamientos convencionales. Se encontró un artículo de revisión realizado con el objetivo de conocer el efecto clínico de los probióticos como tratamiento o prevención en enfermedades gastrointestinales en animales domésticos. La revisión sistemática se hizo en las bases de datos, AGRICOLA, AGRIS, Web of Science y MEDLINE, los criterios de selección fueron; el informe de investigación original, los publicados en una revista revisada por pares y estudios que investigan el uso de los probióticos como prevención o tratamiento de afecciones gastrointestinales en animales domésticos. Se

identificaron 175 estudios, de los cuales solo 17 cumplieron con los criterios de selección, 12 se referían a patologías gastrointestinales agudas y 5 a crónicas. El nivel de evidencia vario entre estudios controlados aleatorios y ensayos cruzados no controlados, el riesgo de sesgo estimado fue moderado a alto y los tamaños de muestra eran pequeños, la consistencia de las heces fue la variable clínica mayormente evaluada. Los resultados encontrados resultaron ser muy limitados y clínicamente sin importancia para la prevención o tratamiento de enfermedades gastrointestinales agudas. Para enfermedades gastrointestinales crónicas, la intervención dietética sigue siendo la clave principal del tratamiento, pero no hubo diferencia al ser suplementada con probióticos. Los estudios tenían poco poder estadístico y existe la necesidad de hacer estudios más grandes sobre el tema (9).

Para otra patología muy común en animales domésticos como lo es la diarrea hemorrágica aguda, se encontró un estudio donde se suplementa perros con *Clostridium perfringens* como probiótico, y se comparó con un grupo testigo que recibió un tratamiento convencional. Ambos grupos presentaron mejoría clínica, sin embargo, el grupo probiótico tuvo una recuperación clínica significativa el día 3 post tratamiento ($p= 0.008$), mientras que en el grupo de tratamiento convencional se observó en el día 4 ($p= 0.002$), mostrando que el uso de este probiótico está asociado con una normalización acelerada de la microbiota intestinal, sin mostrar mayor relevancia a un tratamiento convencional (10).

Hay estudios que se han enfocado en la relación entre las alteraciones en la microbiota intestinal, el estrés mental del animal y su efecto sobre la relación con su dueño, todo estrechamente relacionado por la conexión que existe entre el cerebro y el intestino a través de el “eje intestino-cerebro”. Un ensayo clínico investigó los efectos de un suplemento probiótico Relaxing pet ®, que contiene prebióticos, probióticos y antiinflamatorios naturales sobre el comportamiento de 40 perros seleccionados con edades entre 1 a 10 años. Se distribuyeron aleatoriamente, 10 en un grupo control sin signos clínicos evidentes de ansiedad y los 30 perros restantes presentaban signos de estrés y ansiedad, los cuales se dividieron en dos partes iguales, un grupo tratamiento al cual se le administró

tabletas de Relaxing pet ® y al otro grupo se le suministró un placebo, una vez al día durante 60 días. Se realizó un cuestionario básico de todo el historial clínico del individuo, comportamiento, manejo, problemas de salud y signos conductuales de estrés o ansiedad, se recopiló estos datos en el día 0,30 y 60 del estudio. Se recogió una muestra fecal de todos los perros al día 0 para comparar el microbioma entre perros ansiosos y no ansiosos, los perros ansiosos pertenecientes a los grupos tratamiento y placebo, tuvieron una muestra fecal recolectada a los 30 y 60 días. Las muestras se utilizaron para extraer el ADN para análisis microbiológico y para determinar el grupo bacteriano líder. El grupo que recibió tratamiento tuvo una probabilidad de mejorar de más del 10%, el estudio reveló una estructura diferente del microbioma intestinal entre perros sanos y aquellos con conductas de estrés al inicio del estudio. La suplementación con Relaxing pet ® parece traer algunos cambios en la concentración de grupos bacterianos en el grupo tratamiento en comparación al grupo placebo, pero se debe ser cauteloso al presentar los resultados de esta investigación ya que hubo muchas limitaciones como número de sujetos, control dietético y no se hizo una evaluación de la microbiota tiempo después del estudio (11).

En la parte clínica hay varios experimentos realizados en ratones, con el fin de investigar si un producto tiene una influencia positiva para determinado problema y así usarlo luego de manera segura en humanos y animales. Una revisión sistemática se encargó de estudiar los efectos de la administración de probióticos sobre los parámetros antioxidantes hepáticos sobre modelos de estrés oxidativo. El estrés oxidativo ocurre cuando hay un desequilibrio en las células por un aumento en los radicales libres y/o disminución de los antioxidantes, causando más adelante daños irreversibles en los tejidos, las sustancias antioxidantes hepáticas son indicadores críticos para caracterizar el grado de estrés oxidativo en el cuerpo (12). En general los efectos de la administración de probióticos sobre la actividad superóxido dismutasa (SOD) hepática y la actividad del glutatión peroxidasa (GPx) y el contenido de malondialdehído (MDA), se evaluaron sistemáticamente mediante la determinación de la media estandarizada. Los artículos del metanálisis se buscaron en la base de datos en línea PubMed,

Google Scholar, Web of science y Embase, utilizando palabras de búsqueda como *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, probióticos, bacterias ácido lácticas, *Bacillus* y *Enterococcus*, que se limitaron a experimentos con animales al mismo tiempo. Los criterios de selección fueron; 1) ser experimentos con animales con grupo control en vivo, excluyendo experimentos celulares in vitro, 2) la administración de probióticos no involucró prebióticos u otras sustancias, 3) los datos provienen de artículos de investigación, no revisiones, 4) los animales se limitaron a ratones y ratas para disminuir el sesgo, 5) todos los estudios deben incluir índices hepáticos SOD, MDA o GPx. Como resultado, se hizo un metaanálisis de 23 artículos de investigación que involucran cinco tipos de modelos de estrés oxidativo, revelando que la intervención con probióticos aumentó significativamente los valores de SOD en un 114% (95% intervalo de confianza (CI): 0.70, 1.59; $P < 0.00010$) y GSH-PX un 140% (95% CI: 0.75, 2.04; $P < 0.0010$), igualmente se presentó una reducción en el contenido de MDA en un 160% (95% CI: -1.99, -1.20; $P < 0.00010$). Además de las diferencias de tamaño de los valores evaluados, los efectos de los probióticos se relacionaron con tipos de modelos de estrés oxidativo, sin embargo, debido a la heterogeneidad de los hallazgos, los resultados deben tratarse con precaución (13).

Por otro lado, en uno de los artículos analizados se evaluó el efecto de los probióticos sobre la periodontitis apical (PA), el experimento fue hecho en ratas como modelo animal, donde la PA fue inducida en los primeros molares superiores e inferiores por la exposición oral al ambiente, la administración de probióticos se realizó a través de una sonda durante 30 días, los animales fueron posteriormente sacrificados y se le extrajeron las mandíbulas para su examinación. Como resultado se evidenció que el número de osteoclastos disminuye, se presentó disminución en la profundidad de la bolsa de sondaje y una disminución de citocinas pro inflamatorias, promoviendo beneficios clínicos y recuperación del individuo en tiempo más corto. Las cepas utilizadas fueron varias especies del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, y aunque hubo un efecto significativo de los probióticos, es necesario probarse en otros animales para saber su efecto sobre ellos (14,15).

Principales usos de los probióticos en animales de producción

Sobre el uso de probióticos en animales de producción se encontraron más publicaciones y de fácil acceso en las bases de datos, de los 50 artículos seleccionados para la presente revisión de literatura, 36 son sobre animales de producción. Las producciones escogidas son la acuicultura, porcicultura, avicultura, producción equina y ganadería de leche/carne. Cada área con resultados e investigaciones diferentes, pero con el mismo objetivo de mejorar los parámetros productivos de los animales, ya que estas áreas productivas suelen ser más propensas a sufrir patologías bacterianas de manera ocasional, puesto que son producciones donde se manejan altas densidades animales, facilitando la propagación de enfermedades dentro de las poblaciones. Las patologías mayormente tratadas son las que afectan el tracto gastrointestinal.

Equinos

Las investigaciones en el área equina son limitadas, las enfermedades gastrointestinales en equinos son un problema muy común y de gran impacto para el individuo según la dieta que le sea administrada. Los caballos salvajes pastan libremente y así obtienen la flora microbiana que necesitan en variedad y cantidades adecuadas, en cambio, los caballos en estabulación no ingieren con su alimentación los microorganismos necesarios para mantener su flora gastrointestinal estable. La mayoría de enfermedades gastrointestinales de los caballos afectan su intestino grueso, por eso los probióticos utilizados deben actuar preferiblemente en el ciego y colon. Los géneros de bacterias comúnmente usados en los probióticos para caballos contienen *Lactobacillus spp*, *Bifidobacterium spp* y *Enterococcus spp*, las cuales no son especies abundantes en el colon de los hospedadores, por el contrario, estas bacterias constituyen menos del 1% de la microbiota del intestino grueso en caballos sanos. En potros (menos de dos meses de edad), estas bacterias son más abundantes en cualquier segmento del tracto gastrointestinal, pero aun así su abundancia es poca frente a otras bacterias. El filo más abundante en el tracto gastrointestinal equino son las *Firmicutes*, que contiene la clase *Clostridia*. Miembros importantes de la clase

Clostridia, incluidos *Ruminococcaceae* y *Lachnospiraceae*, se han asociado comúnmente con la salud intestinal en humanos y animales, incluidos los caballos. Los *Lactobacilos* y las *Bifidobacterias* no se asocia constantemente con la salud entérica del animal, por lo tanto, tienen menor influencia sobre la salud de ellos. Hasta el año 2018 fecha de investigación del artículo mencionado, faltaban estudios que investigan los efectos de la clase *Clostridia*, los cuales pueden tener mejores efectos que las cepas probióticas normalmente comercializadas (16).

La diarrea aguda asociada con colitis o tiflocolitis es una de las principales causas de morbilidad en caballos y pone en peligro su vida. Los signos clínicos de cólicos, endotoxina e hipovolemia son el resultado de la alteración de la motilidad, la hipersecreción de líquido y la ruptura de la barrera mucosa por inflamación intestinal. La diarrea aguda en caballos se asocia con cambios hemodinámicos y electrolíticos causado por secuestro intraluminal de líquido, los exámenes a menudo revelan también hiperazoemia renal o prerrenal, hiponatremia, hipocloremia, hipopotasemia e hipocalcemia(17). En un estudio de 14 equinos con diarrea que se les administró *Saccharomyces boulardii*, se notó que la diarrea disminuyó su duración de 7 a 5 días, en comparación con otros 14 caballos de grupo control. Por el contrario, no hubo diferencia significativa en el retorno del estiércol normal, frecuencia cardíaca normal, la mejora del apetito o cualquier otra variante clínica medida entre caballos tratados con *Saccharomyces* y el control. La administración de *Lactobacillus spp* y *Bifidobacterium spp* no tuvo influencia en eliminación de clostridios y cero impactos en la composición de la microbiota en potros cuando se administró durante 3 semanas. La literatura sugiere que los probióticos administrados vía oral, pueden tener efectos inmunomoduladores en caballos (17).

Los cereales en grano hacen parte de la dieta en equinos, cuando la ingesta de almidón excede la digestión del intestino anterior, el almidón llegará al intestino posterior, impactando la ecología microbiana. Los probióticos mitigan las disbiosis gastrointestinal en otras especies(18). En un estudio encargado de determinar el efecto de los *Lactobacilos* exógenos sobre el pH intestinal y el crecimiento de

bacterias amilolíticas y que utilizan lactato, se recolectaron heces de 3 castrados maduros, alimentados con heno de pasto con acceso a pastoreo. Los microbios se recolectaron mediante la centrifugación diferencial, se lavaron y se suspendieron en un medio anaeróbico que contenía maíz molido, trigo o avena al 1.6% (p/v) de almidón y uno de los 5 tratamientos: control, *L. acidophilus*, *L. buchneri*, *L. reuteri* o una mezcla igual de los 3 lactobacilos. Se recolectaron muestras para pH intestinal y conteo de amilolíticos totales, cocos grampositivos del grupo D (*Enterococcus*, *Streptococcus*), *Lactobacilos* y bacterias que utilizan lactato. Los *Lactobacilos* inhibieron la disminución de pH intestinal en las fermentaciones de maíz y trigo ($p < 0.0001$). Específicamente la adición de *L. reuteri* o *L. acidophilus* fueron más eficaces para la disminución del pH tanto con la fermentación del maíz como la de trigo, en la que se produjo mayor acidificación ($p < 0.05$). Los *Lactobacilos* exógenos disminuyeron los amilolíticos, mientras que aumentaron los usuarios de lactato en las fermentaciones de maíz y trigo ($p < 0.0001$). En las fermentaciones de avena, *L. acidophilus* y *L. reuteri* disminuyeron el pH intestinal y aumentaron el uso de lactato al tiempo que disminuyó los amilolíticos ($p < 0.0001$). No hubo efectos diferentes cuando se mezclan varios lactobacilos. Estos resultados indican que los lactobacilos exógenos pueden afectar la comunidad microbiana y el pH de las fermentaciones de granos de cereales por la microflora fecal equina ex vivo (18).

Por otro lado, otras investigaciones están enfocadas al estudio de la influencia de la flora intestinal suplementada con probióticos con relación a la respuesta inmune de las vías respiratorias, sin embargo, la información es escasa respecto a los equinos. Las enfermedades de vías respiratorias son la principal causa de bajo rendimiento en caballos de carrera, siendo la segunda condición más prevalente que afecta a los pura sangre de dos años de edad, se comprende bien la relación entre el establo, la alimentación con heno y las enfermedades respiratorias(19). Un estudio que consistía en evaluar los efectos de un suplemento mineral comercial que contiene probióticos y prebióticos sobre la respuesta inmunitaria respiratoria de los caballos, suplementados durante los primeros meses de estabulación y carrera doce crías de caballos pura sangre, machos y hembras, los

cuales fueron examinados al principio del estudio (junio 2016, en adelante M0), luego re examinación (julio 2016, en adelante M1) y por último, cinco meses después (noviembre 2016, en adelante M2) en un hipódromo de Curitiba, Brasil. Se realizaron exámenes clínicos y hematológicos, endoscopia de la vía aérea y citología de lavado traqueal (LT). Después del examen inicial, los caballos se dividieron aleatoriamente entre el grupo tratamiento (GT), que recibió 10g de suplemento al día y el grupo control (GC). No hubo diferencias entre los dos grupos en los parámetros clínicos, en el examen hematológico, el recuento de eosinófilos fue menor en el GT en M1 en comparación con M0 ($p = 0.045$). La hiperplasia linfoide faríngea (HLF) mejoró en el GT durante M1 en comparación con M0 ($p = 0.007$). Sin embargo, en el GC, HLF se mantuvo sin cambios. El número relativo de eosinófilos en el LT fue 86,1% mayor en M1 que en M0 para el GC, en el GT los eosinófilos estuvieron ausentes y permanecieron dentro de los límites normales hasta M2. En conclusión, el estudio reveló una influencia positiva de la suplementación con probióticos y prebióticos en la respuesta inmune respiratoria de los caballos jóvenes pura sangre, sin embargo, se pueden realizar investigaciones más extensas (19).

Cerdos

De los 50 artículos escogidos en esta revisión de literatura, 11 pertenecen al área de porcicultura, todos estos artículos investigan el uso de probióticos en cerdos en sus diferentes edades, y con el mismo objetivo de mejorar sus parámetros productivos. Se encontraron más estudios sobre lechones en edad de destete y las cepas más utilizadas encontradas son los *Lactobacillus*. Cuando se habla de lechones, se enfrenta a un problema grande que es el destete temprano usado para aumentar el rendimiento productivo de las granjas porcícolas, se debe tener en cuenta que este es uno de los periodos más críticos en los ciclos de producción, donde el rendimiento de los lechones se puede verse alterado y donde están más expuestos a los patógenos oportunistas (20).

El uso de antibióticos para prevenir la diarrea post-destete (DPD) en los cerdos, se ha enfrentado a un problema grande por la resistencia generada a los antibióticos,

asociada en los cerdos y en la población humana que consume su carne. La carne de cerdo comprende el 36% del consumo total del mundo, se estima que la resistencia a los antibióticos que se origina en la cadena alimentaria causa alrededor de 700.000 muertes en todo el mundo cada año(21). Por esto, los científicos han sugerido los probióticos como alternativa de los antibióticos. Se encontró una revisión de literatura sobre el uso de probióticos como tratamiento en DPD: está claro que debido a patógenos como *Escherichia coli*, la DPD sigue siendo un desafío para la producción porcina rentable, los 90 artículos revisados en el estudio, revelaron efectos beneficiosos de la suplementación con probióticos en la reducción de la gravedad y la incidencia de DPD. Sin embargo, algunos estudios informan inconsistencia con la hipótesis general. La mayoría de los probióticos utilizados en los estudios son del género *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus* y *Saccharomyces*, el efecto de los mismos varía según la cepa utilizada, la cantidad de probióticos en una misma mezcla y el tiempo de administración (21).

Para complementar el uso de probióticos en cerdos de destete, se menciona un artículo de investigación que habla sobre el efecto de *Lactobacillus plantarum* como probiótico en cerdos al destete. Se evaluó el efecto de la administración de este probiótico como suplemento en la alimentación de cerdos al destete, sobre el consumo de alimento, la ganancia media de peso, la conversión alimenticia, la presencia de diarrea y los indicadores hematológicos. Se utilizó un diseño completamente al azar donde se utilizaron 24 cerdos de 26 días de edad con tres tratamientos (T); T1 control, T2: 10 ml y T3: 20 ml del probiótico por animal, adicionado al alimento diariamente hasta los 70 días de edad. No se encontró efecto significativo entre los diferentes grupos en los indicadores de peso al final del experimento, en la ganancia de peso y el consumo de alimento; sin embargo, hubo diferencia en la conversión alimenticia del grupo T1 con respecto a los restantes. La presencia de diarrea mostró diferencia significativa ($p < 0.01$) en los animales de grupo control T1 con un incremento de porcentajes de las diarreas (57.14%), mientras que en T2 y T3 mostró disminución de las diarreas (28.57% y 14.28% respectivamente). Los mejores resultados de los indicadores

bioproductivos fueron: consumo de alimento T3 (9.77 kg), peso final T3 (40.77 kg), ganancia de peso T3 (4.66 kg), conversión alimenticia T3 (1.58 kg). Los indicadores hematológicos estuvieron dentro de los valores normales de la especie porcina, la suplementación con *Lactobacillus plantarum* mejoró la condición de salud en los animales (22).

En lechones se encontró otro par de estudios importantes, uno de ellos evaluó los efectos de la suplementación oral de probióticos de forma líquida en lechones lactantes (2 a 19 días de edad), de raza Large White y Large White x Landrace, sobre el aumento de peso diario, la ingesta de alimento, la incidencia en diarreas y las características morfo-histológicas de la mucosa del intestino delgado, altura, ancho y perímetro de las vellosidades y profundidad de las criptas. Se distribuyeron un total de 276 lechones en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x3, con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en dos líneas genéticas, 130 lechones Large White puros y 146 lechones mestizos de raza Landrace x Large White, dos combinaciones distintas de microorganismos, bacterias probióticas o combinación de levaduras y bacterias probióticas, y un grupo control alimentado con una dieta basal, sin ninguna adición. La suplementación con probióticos aumentó la ganancia de peso diaria promedio en lechones lactantes ($p=0.02$), independientemente del linaje y no influyó ($p>0.10$) en la ingesta diaria promedio de alimento. El mestizaje de las razas Landrace x Large White mostró una mayor ingesta diaria promedio de alimento ($p=0.03$). No hubo diferencias significativas en la incidencia de diarrea ($p>0.10$) entre los tratamientos. La histomorfometría intestinal no fue significativamente diferente entre las cepas genéticas ($p>0.10$). Los lechones que recibieron probióticos mostraron una mayor altura de las vellosidades en el duodeno ($p=0.01$). Se concluyó que los lechones que recibieron probióticos orales mejoraron la histo-morfología intestinal y la ganancia de peso diario, independientemente de la raza genética (23).

Otro artículo referente al comportamiento productivo y la salud de los lechones, evaluó el efecto de dos preparados microbianos en el comportamiento productivo,

salud y perfil hematoquímico de lechones. Se emplearon 120 lechones (Duroc x Yorkshire/Landrace), crías de 12 cerdas reproductoras (Landrace/ Yorkshire), que fueron distribuidos en tres grupos de 40 animales, cada uno bajo un diseño completamente aleatorizado: control T1, biopreparado T2 y biopreparado T3. El T2 contenía *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus* y T3 *Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces fragilis*. Se evaluó el peso al nacer, peso promedio y ganancia de peso (GPV) en los días 14 y 33 (destete) de edad, así como la incidencia en diarreas, perfiles hemáticos y bioquímica sanguínea. El peso al nacer y la GPV de los lechones T2 y T3 fue mayor en los lechones de grupo control ($p < 0.05$), sin variación entre T2 y T3. La ocurrencia de diarreas se redujo un 52% en los animales tratados con los probióticos. El perfil hematoquímico difirió entre tratamientos ($p < 0.05$). Se concluye que el uso de bacterias lácticas y levaduras produjo un efecto positivo en el comportamiento productivo, salud y perfil hematoquímico de los lechones (24).

La evaluación del perfil metabólico lipídico en porcinos, tiene gran impacto en el control de producción de vitaminas y enzimas para la salud propia del animal. Una microbiota intestinal equilibrada incluye una barrera eficaz contra la colonización de patógenos, además de producir sustratos metabólicos y estimulación del sistema inmunológico de las mucosas. La suplementación con probióticos ha demostrado mejorar la digestibilidad en cerdos y servir como inmunoestimulante(25). El objetivo de un estudio encontrado, fue evaluar el perfil metabólico lipídico en cerdas suplementadas con *Lactobacillus casei* a través de un ciclo reproductivo. Se emplearon 18 cerdas adultas F1 Landrace x Large White distribuidas completamente al azar en tres grupos; control, T1 suplementado con 10×10^6 UFC (unidades formadoras de colonia/g) de *L. casei* y T2 suplementado con 10×10^8 UFC/g de *L. casei*, con frecuencia de administración semanal por vía oral, durante 180 días, cubriendo un ciclo reproductivo. Se analizaron los metabolitos del perfil lipídico, hepático y proteico de cada hembra en el día del servicio, a los 80 y 113 días de gestación, al primer y décimo día posparto y a los 21 días de lactancia (destete). En el periparto se encontraron diferencias en triglicéridos y nitrógeno ureico en sangre (BUN), donde T1 y T2 presentaron

mayores concentraciones de triglicéridos ($p < 0.05$) y menores concentraciones de BUN ($p < 0.01$) que el grupo control. Al momento del destete se presentaron diferencias en variables triglicéridos y lipoproteína de baja densidad ($p < 0.05$), donde T1 y T2 fueron menores al control. Las cerdas en fase de gestación y lactancia suplementadas por vía oral con *L. casei* mostraron mayores niveles de triglicéridos y colesterol sanguíneo comparadas con las hembras no suplementadas. No se encontró efectos de la suplementación sobre la lipoproteína de alta densidad, proteínas totales y albúmina. Estos cambios pueden tener efectos metabólicos beneficiosos para las cerdas, no obstante, se sugirieron más estudios para dilucidar el papel de la suplementación probiótica sobre el perfil metabólico (25).

Otro estudio encontrado, evaluó la repercusión de *Lactobacillus acidophilus* y *Kluyveromyces fragilis* sobre los indicadores productivos y de la salud en los cerdos en dos etapas productivas diferentes, se realizaron dos experimentos (I y II). En el experimento (I) se emplearon 14 lechones destetados (33 días de edad) híbridos CC21 (Yorkshire – Landrace / L35 Duroc), 7 machos en igual cantidad de hembras, con un peso promedio de 9 ± 2 kg. En el experimento (II), se utilizaron 45 cerdos en la categoría crecimiento CC21, 21 machos y 21 hembras, con peso promedio 13 ± 2 kg, edad 45 ± 2 días. Estos fueron distribuidos en dos y tres grupos de 7 y 15 animales cada uno. Control (T1), preparado A (T2) y preparado B (T3). T2 contenía *L. acidophilus* y T3 *L. acidophilus* mas *K. fragilis*. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado donde se evaluó la ganancia de peso (GP), ganancia media diaria (GMD), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), incidencia en diarreas y mortalidad. La GP, GMD, CA y EA fue mayor ($p > 0.05$) en el T2 (21.4kg, 535g, 1.83 y 57.3%) en el experimento (I) y en T3 (54.29 kg, 775g, 49.8 %) en el segundo. La incidencia de diarreas y porcentaje de mortalidad fue menor ($p < 0.05$) en tratamientos T2 y T3. Se dedujo que el uso de preparados probióticos mejoran los parámetros productivos y se logra reducir la incidencia de diarreas y mortalidad en todas las etapas estudiadas (26).

A pesar de los efectos en cerdos destetados sobre la promoción de salud de la formulación probiótica multiespecie (FPM) está bien documentado, el potencial de promoción de salud de FPM en cerdos de crecimiento y finalización sigue siendo limitado(27). Se encontró un artículo donde se realizó un experimento de seis semanas con 80 cerdos, divididos por igual en grupo control y grupo tratamiento, para investigar los efectos beneficiosos de la suplementación con FPM (las formulaciones contenían *Lactobacillus plantarum*, *L. fermentum*, *L. salivarius*, *Leuconostoc paramesenteroides*, *Bacillus subtilis* y *B. licheniformis*), sobre ambientes intestinales y metabolismo de lípidos hepáticos en cerdos de crecimiento y finalización. Los resultados mostraron que el rendimiento de crecimiento del grupo FPM mejoró en comparación con el grupo control durante el periodo experimental sin afectar la ingesta del alimento. La suplementación dietética FPM no solo redujo la concentración de triglicéridos hepáticos, sino que también regula la baja de los niveles de expresión de ARNm hepático en marcadores relacionados con el metabolismo de lípidos. También se halló la capacidad de modular las poblaciones de microbiota intestinal, incluyendo *Clostridiaceae*, *Lachnospiraceae* y *Turicibacter*. Los resultados mostraron que el uso de FPM en la dieta podría ser un enfoque prometedor para el rendimiento del crecimiento y la salud en general de los cerdos de crecimiento y finalización mediante la modulación de la microbiota intestinal (27).

Con el objetivo de presentar resultados de otra etapa de esta producción como lo son los cerdos de crecimiento-ceba, se encontró un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto del aditivo zootécnico de venta comercial llamado VITAFERT® sobre el comportamiento productivo y salud en cerdos, en la fase crecimiento-ceba. Se utilizaron 200 cerdos mestizos, clínicamente sanos al inicio del estudio, con 76 días de edad y promedio de peso de 29 ± 0.4 kg. Se utilizaron cuatro niveles de inclusión VITAFERT® los cuales constituyeron los tratamientos; grupo control (GC), grupo 1 (G1) 5ml/kg de peso vivo (PV), G2 10ml/kg de PV y G3 15ml/kg de PV, con cinco repeticiones cada uno y un diseño completamente aleatorizado. A medida que se incrementaron los niveles de VITAFERT® hubo un ascenso ($p < 0.001$) en la ganancia diaria media de PV (0.64;0.64;0.71 y 0.75 kg),

lo que trajo consigo un aumento ($p < 0.001$) en la ganancia total de PV al final de la crianza (57.36; 57.36; 64.30 y 67.68 kg). La conversión alimentaria (kg de materia seca MS por kg de aumento de PV) fue favorecida por el aumento ($p < 0.001$) de la dosis del producto, con valores de 4.38; 4.37; 3.90 y 3.73. Así mismo al incluir el aditivo zootécnico hubo una disminución en la incidencia de diarreas. La inclusión de VITAFERT® en la alimentación de cerdos en la fase crecimiento-ceba, mejoró el comportamiento productivo y de salud, obteniendo mejores resultados al manejar dosis mayores (28).

Una de las bacterias patógenas que afecta comúnmente a los cerdos es la *Escherichia coli*, un estudio con el objetivo de evaluar la eficacia de un probiótico sobre la reducción de la carga bacteriana *Escherichia coli* k88 en cerdos, aplicó un probiótico compuesto por *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus termophilus* en cerdos categoría crías. Se conformaron tres grupos de cerdos (8 en cada grupo), del cruce comercial Landrace Yorkshire-Duroc, en todos los grupos el tratamiento se aplicó vía oral, al momento de nacimiento y a las 24 horas siguientes. En el primer grupo se aplicó 5ml del probiótico, que contenía miel de caña, levadura torula y cultivo de *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus termophilus*. Al segundo grupo se aplicó 5ml de miel de caña, levadura torula y al tercer grupo se le administró agua estéril. Todos los animales de los diferentes grupos se inocularon posteriormente por vía oral, con la cepa *Escherichia coli* k88. El estudio de la carga bacteriana de la cepa *E. coli* K88, determinada por medio del hisopado rectal en el primer y segundo muestreo, no evidenciaron diferencias significativas entre los grupos de estudio, aspecto que confirma que en el momento de la inoculación existía una carga bacteriana similar entre los diferentes grupos, sin mostrar efecto de probióticos sobre la carga bacteriana a los siete días después de la inoculación. Sin embargo, en el tercer muestreo (14 días posterior a la inoculación), el grupo tratado con el probiótico mostró una reducción significativa ($p < 0.05$) en la carga bacteriana de la cepa *E. coli* K88, con respecto al grupo placebo y al que se le aplicó agua estéril, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre estos últimos. Tampoco se evidencio en estos dos grupos diferencia entre los distintos muestreos realizados. Se demuestra que el empleo

de probióticos reduce significativamente la carga bacteriana de la cepa *E. coli* k88 en heces fecales de cerdos a partir de los 14 días pos tratamiento (29).

Acuicultura

Se ha demostrado que los probióticos son promotores positivos del crecimiento, la supervivencia y la salud de los animales acuáticos(30). En la acuicultura, los intestinos, las branquias, la mucosidad de la piel de los animales, los hábitats o incluso las colecciones de cultivos y los productos comerciales, pueden ser fuente fuentes para adquirir los probióticos asociados, que se han identificado como bacterias (Gram positivas y Gram negativas) y no bacterianas (bacteriófagos, microalgas y levaduras). Si bien, una bacteria es un patógeno para un animal acuático, pueden traer beneficios a otra especie de animales (como los peces), un proceso de selección juega un papel importante en la especificación de una especie probiótica. La administración de probióticos varía desde la rutina oral por agua hasta los aditivos alimentarios, de los cuales este último se usa comúnmente en acuicultura(30). Las aplicaciones probióticas pueden ser de cepas mono o múltiples, incluso en combinación con prebióticos, inmunoestimulantes como simbióticos, y en forma de vivas o muertas. La encapsulación de probióticos con alimento vivo es un enfoque adecuado para transmitir probióticos a los animales acuáticos. La dosis y la duración del tiempo son factores importantes para obtener resultados deseados (30). En una revisión sistemática encontrada se documentó las medidas recientes del biocontrol de las enfermedades bacterianas en los peces mediante la aplicación de algunos métodos de biocontrol novedosos y prometedores, como los probióticos, las vacunas bioencapsuladas y la terapia con fagos, para evitar las desventajas del método tradicional que potencialmente afecta la salud humana y de los individuos(31). La infección bacteriana en la acuicultura intensiva provoca muertes masivas y su tratamiento requiere el uso intensivo de productos químicos y antibióticos. Se han probado varios métodos para controla las enfermedades de los animales, incluido el uso de antibióticos, pero su uso aleatorio está asociado con efectos potencialmente negativos como la resistencia a los medicamentos y los residuos de medicamentos. El uso de

probióticos como agentes de biocontrol para la acuicultura está aumentando con la demanda de alternativas ecológicas y beneficiosas para el medio ambiente para la producción acuícola sostenible. Los beneficios de tales suplementos incluyen un valor alimenticio mejorado, inhibición de microorganismos patógenos y una mayor respuesta inmune(31). La vacuna bioencapsulada parece ser el método más atractivo para la liberación de vacunas. Varias moléculas bioactivas que son específicas para algunas enfermedades se han encapsulado con éxito con nanopartículas para mejorar su disponibilidad, bioactividad y entrega controlada. Recientemente, la vacuna inversa fue creada mediante el uso de bioinformática que ayuda a diseñar vacunas contra patógenos infecciosos que son difíciles de diseñar, especialmente las bacterias intracelulares. Además, el uso de bacteriófagos para el control biológico de patógenos en especies animales de cultivo ha ganado mucho interés. Se han aislado varios bacteriófagos específicos de diversas bacterias patógenas. La administración oral de cóctel de fagos es la forma de aplicación más adecuada en peces, especialmente cuando se debe manipular un gran número de animales infectados (31).

Los probióticos se pueden utilizar para reducir los brotes de enfermedades en la acuicultura. Algunos de ellos se caracterizan por su actividad antagónica frente a patógenos, la estimulación de la respuesta inmune de los peces, incluida la producción específica de anticuerpos. Si un probiótico tiene antígenos comunes con un patógeno determinado, podría producir anticuerpos con una reacción cruzada con ese patógeno. Por tanto, un probiótico con estas características podría usarse de forma similar a una vacuna viva(32). El objetivo de un estudio encontrado, fue el de seleccionar bacterias con similitud antigénica y actividad antagónica frente a los patógenos *Photobacterium damsela subsp. piscicida* y *Vibrio harveyi*, y determinar su capacidad para estimular la producción de anticuerpos en el pez *Solea senegalensis*, con reacción cruzada frente a estos patógenos. Se utilizó Dot blot (técnica de biología molecular para detectar biomoléculas) para detectar cepas con reacción cruzada utilizando sueros inmunizados contra *P. damsela subsp. piscicida* Lg42.01 y *V. harveyi* Lg 16.00. Se seleccionaron un total de 138 cepas de 718, con base en la intensidad de

reacción de dot blot. Se realizó una segunda selección para detectar su capacidad para inhibir el crecimiento de patógenos de las cuales cinco cepas inhibieron el crecimiento de *P. damselae subsp. Piscicida*, cuatro cepas inhibieron *V. harveyi*, mientras que dos cepas inhibieron ambos patógenos. Un western blot confirmó las reacciones cruzadas de las cepas seleccionadas con los patógenos. Posteriormente se inocularon cepas seleccionadas en muestras únicas mediante inyección intraperitoneal. Cuatro cepas produjeron anticuerpos con reacción cruzada contra los patógenos. No se observó mortalidad en los inoculados. Las cepas seleccionadas mostraron actividad antimicrobiana y capacidad para activar respuesta inmune contra patógenos (32).

Ya que en la acuicultura uno de los problemas que se buscan solucionar son la producción y aseo de las piscícolas, se menciona un artículo que evaluó la viabilidad de un grupo de cepas *Lactobacillus* incorporadas en el pienso de trucha arcoíris para influir sobre el rendimiento de los animales sometidos a cría convencional en condiciones bajas o de estrés crónico. Para ello, las respectivas cepas se cultivaron previamente en caldo MRS y se sometieron a centrifugación. Las células obtenidas fueron suspendidas en solución salina estéril con 2% de aceite de soja, y luego incorporada en el alimento mediante un mezclador circular. Este alimento se almaceno adecuadamente en refrigeración a 4°C, por 120 días, con tres muestras tomadas al azar cada 15 días para evaluar la viabilidad de bacterias mediante el recuento de placa. Los resultados mostraron que hubo una reducción significativa ($p < 0.05$) en la población de células viables, correspondiente al 2% después de 30 días de almacenamiento. También se verifico, luego de este periodo, una población aproximada equivalente a 3.00×10^8 UFC/g. Así, se demostró la posibilidad de desarrollar formulaciones probióticas mediante la incorporación de cepas específicas en las raciones de trucha, que pueden contribuir al desarrollo de tecnologías alternativas para la producción pesquera. Después de 120 días de almacenamiento del pienso que contiene la preparación probióticos, fue posible verificar una población promedio de células viables de 2.80×10^8 UFC / g, el que corresponde a una disminución no

significativa ($P > 0.05$), de 1.09×10^8 UFC / g, equivalente a una reducción del 28% en comparación con población inicial de *Lactobacillus* (33).

Para mencionar los efectos probióticos en peces específicamente, se escogieron dos artículos. El primero evaluó el potencial probiótico *Bacillus velezensis*, midiendo su actividad antimicrobiana contra patógenos y mejora inmunológica sobre el pez carpa roja (*Carassius auratus*). El estudio se realizó a través de enfoques de análisis experimental y genómico. La cepa *B. velezensis* mostró actividad antimicrobiana contra una amplia gama de bacterias patógenas, incluidas *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas salmonicida*, *Lactococcus garvieae*, *Streptococcus agalactiae*, y *Vibrio Parahemolyticus*. Se utilizaron 36 peces carpa roja, divididos en tres estanques, donde la mitad del agua era cambiada y aireada diariamente. Fueron alimentados con dietas que contenían; 0 (control), 10^7 y 10^9 UFC/g de *B. velezensis* respectivamente durante 4 semanas. Se examinaron varios parámetros inmunitarios 1,2,3 y 4 semanas después de la alimentación. Los resultados mostraron que las dietas suplementadas por *B. velezensis* sobre la actividad de fosfatasa ácida (FAC), fosfatasa alcalina (FA) y glutatión peroxidasa (GPx) estuvieron significativamente aumentados. La expresión de ARNm de genes relacionados con la inmunidad del riñón del pez carpa fue medido. Entre ellos, el gen interferón gamma (IFN- γ) y factor de necrosis tumoral (TNF- α) mostró mayor expresión de 3 y 4 semanas de alimentación ($p < 0.05$). La expresión interleucina 1 (IL-1) solo es significativamente regulada al alza por 10^9 UFC/g de *B. velenzensis* después de 1 semana de alimentación ($p < 0.05$). La regulación positiva de interleucina 4 (IL-4) aumentó con el tiempo en la primera y cuarta semana. La expresión de interleucina 10 (IL-10) e interleucina 12 (IL-12) mostró un patrón de expresión opuesto con IL-10 significativamente regulado al alza y significativamente regulando la IL-12 a la baja, por dietas que contiene JW a las 2, 3 y 4 semanas después de la alimentación ($p < 0.05$). Los peces alimentados con dietas suplementadas, mostraron mayor supervivencia y disminución de infección (34).

El segundo artículo escogido sobre piscicultura, investigó los efectos de la administración única o combinada de fermentables dietéticos fiber (Vitacel®) y probiótico Primalac® sobre los parámetros inmunitarios de la mucosa, la actividad de las enzimas digestivas, la microbiota intestinal y el rendimiento del crecimiento del pescado blanco del caspio (*Rutilus frisii kutum*). Los peces eran transferidos a laboratorio, aclimatados durante dos semanas y luego los peces (0.56 ± 0.026 g) se asignaron en 12 tanques (30 peces por tanque). Los grupos por triplicado fueron alimentados con una dieta basal (Control) o una dieta basal suplementada con fermentables fiber [Vitacel®] (FF), probiótico [PrimaLac®] (P) y fermentables combinados fiber y probiótico (FF + P). Al final de la prueba de alimentación, el rendimiento del crecimiento y los parámetros de utilización del alimento fueron significativos ($p < 0.05$), mejoró en los tratamientos FF, P y FF + P en comparación con el grupo control. En la evaluación de enzima digestiva, la actividad reveló un aumento significativo ($P < 0,05$) de la actividad de la lipasa en peces alimentados con una dieta suplementada. Sin embargo, amilasa, proteasa y fosfatasa alcalina fueron significativamente más altas ($P < 0.05$) solo en los tratamientos con P y FF + P. Además, la microbiota intestinal autóctona total y los niveles de BAL autóctonos aumentaron significativamente en los peces alimentados con una dieta suplementada ($P < 0,05$). Los parámetros inmunes del moco de la piel estuvieron notablemente aumentados en comparación con el grupo de control ($P < 0,05$). Estos resultados indican que la administración única o combinada de FF y P puede considerarse como un suplemento dietético beneficioso para etapas tempranas del cultivo de pescado blanco del Caspio (*Rutilus fresii kutumn*) (35).

La industria de la acuicultura de mariscos se ha desarrollado drásticamente durante las últimas dos décadas. Sin embargo, este desarrollo, en algunos casos, ha tenido como resultado la degradación ambiental, la aparición de enfermedades y una baja productividad. La necesidad de mejorar la resistencia de enfermedades, el rendimiento de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la producción acuática segura para consumo humano, ha estimulado el desarrollo y las aplicaciones de los probióticos en la acuicultura(36). Los probióticos utilizados en la acuicultura de mariscos incluyen géneros de *Lactobacillus*, *Enterococcus*,

Bacillus, *Aeromonas*, *Alteromonas*, *Arthrobacter*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Paenibacillus*, *Phaeobacter*, *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Rhodospiridium*, *Roseobacter*, *Streptomyces* y *Vibrio*. Los efectos beneficiosos de estos incluyen un mejor crecimiento, contribución enzimática a la nutrición, inhibición de adherencia y colonización de bacterias patógenas en el tracto digestivo, modulación de la microbiota intestinal y aumento de parámetros hematológicos y respuesta inmune (36). El camarón hace parte de la industria de mariscos y para estudiar el efecto de los probióticos en esta producción, se evaluó el efecto de los *Bacillus spp* contra enfermedades causadas por bacterias que afectan al camarón cultivado, proporcionando efectos beneficiosos sobre los camarones hospedadores al alterar su comunidad microbiana y mejorar los índices zootécnicos. Para esto, se estudió los efectos de una dieta complementada con *Bacillus cereus*, en post larvas de camarones *Litopenaeus vannamei* cultivados en laboratorio, las parcelas experimentales consistieron en recipientes plásticos de 5Litros, con 4.3 L de agua conteniendo 130 camarones, con un peso promedio de 9g y una edad de 24 días. El experimento duró 15 días y consistió en 6 tratamientos: control (T1), probiótico (T2), *Vibrio parahaemolyticus* (VP) (T3), probiótico y VP (T4), *V. alginolyticus* (VA)(T5) y probiótico más VA (T6). Se evaluó la supervivencia, el aumento de peso, la capacidad de colonización de las bacterias probióticas, el recuento de patógenos y las lesiones histopatológicas. No hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la supervivencia entre los tratamientos. Los grupos con patógenos y sin probióticos, presentaron menor ganancia de peso. Resultado del *B. cereus* en los tratamientos T2, T4 y T6 fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$), las bacterias probióticas fueron más agresivas al competir por el espacio y nutrientes al comparar *V. parahaemolyticus* frente *V. alginolyticus*. Los animales alimentados con el probiótico presentaron recuentos más bajos de estos patógenos que los alimentados sin el probiótico ($p < 0.05$). No se encontraron lesiones histopatológicas en los órganos y tejidos de los camarones. *Bacillus cereus* mostró una alta capacidad colonizadora en camarones post larvas, provocando una reducción significativa de patógenos, probablemente por secreción de sustancias

antimicrobianas y la exclusión competitiva, que justifica su uso como probiótico (37).

Existe una creciente evidencia de que el microbioma intestinal podría tener efectos en los procesos neurológicos y en el comportamiento. Un estudio evaluó los probióticos sobre el comportamiento relacionado con la ansiedad en el pez cebra. Dos grupos de nueve peces cebra de tipo salvaje, adultos (8 meses) fueron utilizados, estaban alojados en tanques de 3L con intercambio constante de agua por un sistema de recirculación. Par evaluar la administración de probióticos se suministró diferentes regímenes de alimentación a cada grupo durante 4 meses (diciembre 2018-marzo 2019). Un grupo control (GC) se alimentó dos veces al día y el grupo experimental (GE), además de la dieta comercial recibieron una dosis diaria de probióticos de 10^9 mezcla de *Lactobacillus rhamnosus* y *Bifidobacterium longum*. Los resultados determinaron que la ingestión prolongada (4 meses) de *Lactobacillus rhamnosus* y *Bifidobacterium longum* altera el patrón de nado en el modelo de pez cebra. Los resultados muestran que el pez cebra adulto alimentado con esta mezcla probiótica de cepas probióticas antioxidantes y antiinflamatorias, aprobadas para consumo humano, redujo fuertemente el comportamiento geotáctico de los habitantes del fondo, cuando se coloca el pez cebra en un tanque nuevo. Esta respuesta conductual primaria se correlaciona con un menor estado de ansiedad. Por tanto, la ingestión de esta mezcla de probióticos podría considerarse como un tratamiento beneficioso para episodios de ansiedad (38).

Aves

La avicultura es otra de las producciones que más ha crecido a través de los años, aumentando su capacidad de manera exponencial para suplir las necesidades que exige el mundo e inclusive más. El uso de probióticos en esta área ha tenido como principales objetivos el tratar enfermedades virales e infecciosas comunes, que llevan a pérdidas económicas muy grandes, las enfermedades más comunes tratadas con probióticos son las causadas por bacterias como la *Campylobacter*, *Salmonella*, *E. coli* y virus como la influenza aviar y herpes (39). El tracto gastrointestinal aviar presenta una población diversa y dinámica de

microorganismos que viven en relación simbiótica con su huésped. Esta relación mutua es importante para la nutrición, el metabolismo y la inmunidad del individuo. El complejo ecosistema funciona como un sistema de órganos virtual, que ayuda en la homeostasis del huésped. En adultos, la ecología microbiana intestinal es muy estable, sin embargo, puede estar influenciado por la alimentación o estrés (40).

La *Campylobacter* es una bacteria de gran problema en la salud pública ligado a la carne en aves de corral, la *Campylobacter* se encuentra entre las bacterias más comunes del intestino del ave, el 95% de las aves puede colonizar rápidamente cuando se expone a una sola ave infectada. La campilobacteriosis es una de las causas comunes de gastroenteritis bacteriana en todo el mundo, la carga económica de campilobacteriosis en los estados unidos se estima en alrededor de \$ 2 mil millones, las principales cepas son las *C. jejuni* y *C. coli* (41). Representa un peligro para la seguridad alimentaria y causa una alta morbilidad humana, la carne de pollo infectada es una fuente común de campilobacteriosis. El uso de probióticos, prebióticos o sintéticos bióticos, están asociados al control de las infecciones por *Campylobacter* en pollos de engorde (41). Un estudio realizado por el departamento de ciencias avícolas, de la Universidad de Georgia, evaluaron el efecto in vivo e in vitro de los probióticos como aditivos alimentarios y ácidos orgánicos comerciales en pollos de engorde para desafiar la *Campylobacter coli*. El experimento fue realizado para evaluar la eficacia de los aditivos alimentarios comerciales probióticos y ácidos orgánicos (OA) para la reducción de *Campylobacter coli*. Los sobrenadantes de 4 cepas probióticas se cultivaron con *C. coli* en diferentes diluciones. Los sobrenadantes de probiótico disminuyeron ($p < 0.05$) la proliferación in vitro de *C. coli* en una dilución de sobrenadante: patógeno 1:1 para *Enterococcus faecium*, *Bifidobacteria animalis* y *Pediococcus acidilactici* y una dilución 5:1 para *Lactobacillus reuteri*. Se cultivaron diferentes concentraciones de OA con *C. coli* in vitro. La concentración de ácido orgánico de 0.08% disminuyó significativamente la proliferación in vitro de *C. coli* ($p < 0.05$).

Para el experimento in vivo, 480 pollos de engorde Cobb500 fueron asignados aleatoriamente a 4 tratamientos: control (dieta basal), probiótico (0.05kg/ton), OA (0.5kg/ton) y probiótico + OA (probiótico en 0.5kg/ton de 0 a 28 días de edad y OA 0.5kg/ton de 28 a 42 días de edad) las aves eran desafiadas con 1×10^8 UFC/ave de *C. coli* cepa resistente a la gentamicina a los 14 días de edad. A los 42 días de edad, el tratamiento combinado (probiótico + OA) tuvo una reducción no significativa del 1.2 % en carga de *C. coli* en ciegos en comparación con el tratamiento de control positivo ($p=0.08$). Los productos probióticos y OA redujeron ($p<0.05$) la proliferación in vitro de *Campylobacter*. Sin embargo, ninguno de los tratamientos alteró la carga *Campylobacter* en ciego o canal de 42 días de edad (42).

Un estudio publicado en la revista brasilera de zootecnia, habla del efecto de la xilanasa y suplementación de probióticos en las dietas de pollos de engorde. El objetivo fue evaluar los efectos de la xilanasa y suplementación probiótica en el rendimiento, características de la canal, pH intestinal, viscosidad intestinal y microbiota ileal en pollos de engorde alimentados con dietas que contienen salvado de trigo. Los animales del estudio se mantuvieron en jaulas metálicas y el estudio se realizó utilizando un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos, seis aves por tratamiento (Cobb500) y seis réplicas. Los cuatro tratamientos incluyeron un grupo control, alimento suplementado con probiótico, un grupo suplementado con xilanasa y un grupo que recibió tanto xilanasa como probióticos. Las dietas de los cuatro grupos contenían salvado de trigo (50 a 30 g/kg para las fases de inicio y crecimiento, respectivamente). A los 10 días después de la eclosión, las aves experimentales fueron desafiadas vía oral con *Eimeria sp* comercial vacuna. Durante la fase inicial, la suplementación con xilanasa, probióticos o la combinación, produjo mayores ganancias de peso que la dieta control, sin embargo, considerando el periodo de 10-35 días, los pollos que recibieron xilanasa + probióticos y la dieta sin los aditivos mostró una menor ganancia de peso (2.7460 y 2.600 kg, respectivamente). Todas las dietas suplementadas redujeron la viscosidad del ciego y las suplementadas con probióticos mostró un pH significativamente más bajo (6.11). La microbiota ileal

también fue influenciada por suplementación con xilanasa y probióticos, modulando las frecuencias de los géneros *Lactobacillus* y *Clostridium*. Los efectos positivos de la suplementación con xilanasa o los probióticos solo fueron similares a los de la co-suplementación y ningún efecto asociativo fue observado (43).

Otro estudio en Brasil, quiso revisar la productividad y bienestar de los pollos de engorde complementados con probióticos. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones de 50 aves, cada una de la siguiente manera; Grupo 1- control negativo (CN): dieta con una mezcla de cloro hidroxiquinolininas como promotor de crecimiento en todas las fases; Grupo 2- dieta con media dosis de probióticos (MD) y pollos inoculados en la planta de incubación con 5×10^8 UFC/pollo; Grupo 3- control positivo (CP): dieta con probióticos y aves inoculadas en el criadero con 1×10^9 UFC/pollo; Grupo 4- dieta con probiótico a doble dosis (DD) y aves inoculadas en la planta de incubación con 2×10^9 UFC/ pollo. Las características evaluadas fueron rendimiento, rendimiento canal y partes de la canal, incidencia de pododermatitis y lesiones de miopatía, calidad intestinal y bienestar de las aves. El probiótico condujo a resultados de rendimiento más interesantes, las aves alimentadas con probióticos tuvieron mejor conversión alimenticia y mejor factor de eficiencia productiva, que se observó a los 35 y 42 días de edad. El uso de probióticos aumenta el peso vivo de las aves, así como el peso de la canal, la pechuga entera, el lomo y las alas, lo que es relevante para la industria avícola. El probiótico reduce la incidencia de miopatías como la pechuga espagueti. El bienestar de las aves mejoró significativamente cuando se proporcionó el probiótico, particularmente con las mejores puntuaciones en las pruebas LTL, tacto modificado y agarre, lo que permite concluir que esas aves tendrán índices de lesiones más bajos y mejor calidad en el canal en mataderos. Dichos datos muestran que en las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento, el probiótico reemplaza a antibiótico promotor de crecimiento, ya que promovió resultados iguales o mejores (44).

La enfermedad de Marek es un virus muy común en pollos y llega a ser mortal, se han utilizado varias vacunas para controlar la enfermedad de Marek (EM), pero la

aparición de nuevas cepas del virus supone una amenaza para la eficacia de la vacuna. Por lo tanto, se escogió un artículo que evalúa los efectos de la administración de *Lactobacillus* probióticos sobre la inmunidad conferida por la vacuna contra el herpesvirus de pavos (HVT) contra la enfermedad de Marek y si aumenta su eficacia contra la infección por el virus de la hepatitis B. En este sentido, un cóctel compuesto por cuatro *Lactobacillus* la especie se administró con HVT a embriones de pollo en el día embrionario 18 (ED18) y / o desde el día 1 hasta el día 4 después de la eclosión. Los resultados revelaron que la administración de un probiótico *Lactobacillus* con HVT en ED18 seguido de sonda oral con el mismo cóctel de *Lactobacillus* a pollitos recién nacidos durante los primeros 4 días después de la eclosión aumentó la expresión del complejo principal de histocompatibilidad (CMH) en macrófagos y células B en el bazo y disminuyó el número de CD4 + Células reguladoras T, CD25 + en el bazo. Posteriormente, los pollos se infectaron con el virus de la enfermedad de Marek. Las gallinas que recibieron en ovo HVT y lactobacilos o HVT tenían una mayor expresión de IFN- α a 21 ppp en el bazo en comparación con los pollos que fueron desafiados con VEM. Además, la expresión de IFN- β en amígdalas cecales a 10 ppp fue mayor en los grupos que recibieron en ovo HVT y lactobacilos y lactobacilos orales en comparación con el grupo que recibió en ovo HVT solo. Además, la expresión del factor de crecimiento tumoral (TGF) - β 4 a los 4 días después de la infección se redujo en el grupo que recibió tanto HVT como probióticos en ED18. Además, la administración concurrente de probióticos redujo la incidencia de tumores a la mitad en comparación con la vacuna HVT sola, lo que indica un efecto potenciador de los lactobacilos con la vacuna HVT sobre las respuestas inmunitarias del huésped. En conclusión, estos hallazgos sugieren el uso potencial de lactobacilos probióticos como adyuvantes con la vacuna HVT contra la infección por virus de enfermedad de Marek en pollos (39).

Bovinos

Las vacas son animales rumiantes. La adquisición de la nutrición de este grupo de animales se caracteriza por una degradación del alimento basada en microbios en

lugar de en el huésped. El tracto gastrointestinal de los rumiantes alberga una amplia diversidad de bacterias estrictamente anaerobias, protozoos ciliados, hongos anaerobios y arqueas, que son responsable de la degradación y fermentación del 70-75% de los compuestos dietéticos para proporcionar su energía(45). La celulosa, hemicelulosa y la lignina se hidrolizan y se convierten en ácidos grasos de cadena corta que son fácilmente absorbidos por el huésped. Mientras tanto estos microbios también ayudan a eliminar toxinas producidas por los procesos metabólicos del huésped. Debido al papel crucial de la microbiota intestinal de las vacas lecheras en la nutrición y la adquisición de energía, no hay duda de que debe considerarse como objetivo para la mejora posterior de la salud de las vacas, la producción y calidad de producto (45)

El centro de investigación de buenas prácticas clínicas, de Queensland, Australia, dio un enfoque muy interesante en el modo de aplicar los probióticos en producciones lecheras. El estudio se enfocó en cómo los probióticos destinados a mejorar la salud de las plantas y la conductividad de los pastos que pastan las vacas lecheras a través de un producto comercializado en Australia. Great Land (GL; Terragen Biotech Pty Ltd., Coolum Beach, QLD, Australia) es uno de los acondicionadores biológicos de suelos y pulverizadores probióticos con una etiqueta que dice “actuar para mejorar la salud y la productividad de las plantas”. El objetivo del estudio fue cuantificar el efecto de GL sobre la calidad de la leche de vacas lecheras lactantes de diferentes edades y razas (principalmente Holstein-Friesian), en su segunda lactancia o más, y al menos 80 días en leche, se asignaron al azar en 1 de 2 grupos de estudio: un grupo de vacas de tratamiento (n=98, las vacas pastaban pastos que se cubrieron con GL de acuerdo con la etiqueta del producto) y un grupo de vacas de control (n=114, las vacas pastorearon pastos no tratados). Según sea necesario, ambos grupos fueron suplementados al mismo ritmo con una ración mixta durante el pastoreo. Se recolectaron muestras de leche compuesta semanalmente de cada vaca durante el estudio y se analizaron para determinar los componentes de la leche. Los volúmenes de la leche se registraron en cada ordeño utilizando el software de gestación del hato de la granja de estudio. Las diferencias medias en las variables

del componente de la leche se compararon mediante modelos de regresión lineal de efectos mixtos. Después de controlar el efecto de los días en la leche, la lactancia de la vaca y el tiempo desde que una vaca ingreso al estudio, las vacas de tratamiento desde que una vaca ingreso al estudio; las vacas de tratamiento produjeron un promedio de 1.21 L /vaca por día más leche (intervalo de confianza del 95%: 0.34- 2.08L/ vaca por día) y más proteína de leche (0.03 kg/d; intervalo de confianza del 95%: 0.01- 0.05 kg/d) que las vacas de control. La cobertura de pastos y el consumo de pastos no difirieron entre los potreros de estudio tratados con GL y los no tratados que pastorean las vacas de tratamiento o de control. Una cantidad limitada de datos publicados ha examinado el efecto del tratamiento con probióticos en pasturas sobre la calidad de la leche de las vacas lecheras. Este estudio sugiere que la aplicación de tales productos puede ser beneficiosa. Los mecanismos asociados con este tipo de resultado no fueron investigados (46).

Para documentar el uso de probióticos en bovinos de engorde, se escogió un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de una mezcla de microbios de alimentación directa (DFM), levadura y enzimas digestivas sobre el rendimiento animal en ganado de engorde, así como la digestibilidad al final del ganado de engorde. Se utilizaron 30 novillos cruzados (Charolais y Beefmaster) con un promedio de 15 meses de edad y $321,83 \pm 3,73$ kg peso corporal inicial. Los animales se asignaron aleatoriamente a uno de dos grupos tratamiento: control (dieta basal) y una mezcla de DFM, levadura y enzimas digestivas (dieta basal + 30g de mezcla). Cada grupo contenía 15 unidades experimentales. Los animales se alimentaron individualmente dos veces al día y se registró diariamente la ingesta de materia seca (DMI). Los pesos corporales se registraron inicialmente y posteriormente a intervalos de 28 días durante un total de 140 días para evaluar la ganancia diaria promedio (ADG). También se calculó la relación ganancia: alimentación (G: A) por periodo. En la fase de acabado se evaluó la digestibilidad de la materia seca, la proteína cruda (PC) y la fibra detergente neutra (FDN). Se seleccionaron al azar diez novillos por tratamiento para evaluaciones de digestibilidad. Se utilizó fibra detergente ácido insoluble para calcular la digestibilidad aparente. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con

mediciones repetidas a lo largo del tiempo para evaluar el rendimiento animal, y se utilizó un diseño completamente aleatorizado para evaluar la digestibilidad aparente. No se observó ningún efecto del tratamiento para DMI. Al final del ensayo, se encontraron diferencias para la ADG entre tratamientos, con valores más altos en el grupo control que en el grupo tratamiento. Sin embargo, no se encontró ningún efecto para G: A. La digestibilidad de la materia seca, PC y FDN fueron similares entre tratamientos. La adición de la mezcla de DFM, levadura y las enzimas digestivas como complemento alimenticio en la dieta del ganado de corral de engorde no mejoran el rendimiento animal ni la digestibilidad de los nutrientes (47).

Para los mecanismos de administración de estos probióticos en los individuos, se encontró un estudio sobre el desarrollo y almacenamiento de microcápsulas de alta densidad que contienen *Lactobacillus spp.* Cepas como complemento nutricional en terneros jóvenes, el objetivo de este estudio fue evaluar diferentes metodologías de producción de microcápsulas probióticas con alta densidad bacteriana destinadas a terneros lactantes. Tres tipos de cápsula que contienen *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus plantarum*, se prepararon a partir de un cultivo de una noche en medio de suero: (1) mezclando el cultivo con alginato de calcio y luego, incubar las cápsulas en suero (RC); (2) concentrar la biomasa por centrifugación y mezclar el sedimento con alginato de calcio (CC) a diferentes concentraciones con respecto al cultivo inicial (5x y 12.5x); (3) CC con crioprotectores: permeado de suero (PER) y glicerol (GLI). Se evaluó el recubrimiento de quitosano. Las cápsulas se liofilizaron y la viabilidad se evaluó antes de la congelación, después de la liofilización y cada dos semanas durante 84 días de almacenamiento a temperatura ambiente, 4°C y -20°C. CC mostró densidad celulares más altas que RC. La temperatura de almacenamiento afectó a la viabilidad: mayor viabilidad a menor temperatura. Además, el efecto de la temperatura se vio influenciado por otros factores, como el recubrimiento de la cápsula, neutralización del cultivo y crioprotectores, el revestimiento mejoró la viabilidad a temperatura ambiente, sin embargo, no se observó ningún en los 4°C. la neutralización del cultivo permitió una mayor supervivencia durante el

almacenamiento. Los crioprotectores mejoraron la viabilidad durante la congelación, pero también generaron efecto positivo o negativo en función de la temperatura de almacenamiento. Los mejores resultados fueron: en refrigeración GLI 12.5x presentó recuentos superiores a 10^9 UFC/ cápsula hasta el día 70 y per 12.5x hasta el día 56 de almacenamiento y al -20°C GLI 12.5x mostró recuentos superiores a 10^9 UFC/ cápsula hasta el final del estudio (84 días). A 10^9 UFC cápsula es la dosis diaria por ternero que facilita la administración de este inóculo probiótico a los animales de campo (48).

Se han realizado importantes esfuerzos para el desarrollo de vacunas más eficientes para la salud animal. Una estrategia que puede usarse para mejorar la eficacia de la vacuna es el uso de probióticos para mejorar la respuesta del sistema inmunológico del huésped, lo que conduce a una mayor inmunogenicidad de las preparaciones de antígenos(49). El virus del herpes virus bovino 5 (BoHV-5) es un ejemplo de un patógeno animal importante para el que las vacunas han proporcionado sólo una cantidad limitada de protección. En este estudio, examinaron el uso del probiótico *Saccharomyces boulardii* (SB) como adyuvante potencial para mejorar la eficacia de la vacuna. Para el primer experimento, un total de 20 ratones hembra isogénicos (que pesaban 16-21 g) fueron dividido al azar en dos grupos de 10 animales. El grupo de control fue alimentado con un pienso comercial sin quimioterápicos, y un grupo probiótico que fue alimentado con el mismo pienso comercial complementado con una suspensión de SB (1×10^7 UFC-g de pienso). Los animales fueron sometidos a un período de adaptación alimenticia de siete días antes de inmunización. Los ratones fueron vacunados por vía subcutánea con 0,25 ml de una vacuna inactivada experimental BoHV-5 ayudada con Hidróxido de aluminio al 10% el día 0 y revacunado el día 28. Muestras de sangre de ambos grupos fueron recolectados del retro-orbital seno venoso durante el período experimental. El suero animal se separó de la sangre completa y almacenados a -20°C hasta su análisis. Para el segundo experimento, para evaluar la respuesta inmune del huésped a SB, un total de 20 ratones hembra isogénicos (de 16 a 21 g de peso), se dividido en dos grupos de 10 animales. Al grupo de control se le suministró un alimento comercial libre de

quimioterapia, y al grupo probiótico fue alimentado con el mismo pienso comercial complementado con una suspensión de SB de 1×10^7 UFC-g de pienso. Los ratones de ambos grupos respondieron a la vacuna, que muestra niveles elevados de anticuerpos. En el día 14, el grupo suplementado con probióticos SB mostró un aumento de IgG de aproximadamente 5 veces, que es 2.7 veces mayor que la observada en el grupo de control (1.8 veces, $P < 0.05$). El día 28, las concentraciones de IgG en el grupo probiótico SB, mostró un aumento de 8,7 veces, mientras que el grupo control mostró solo un aumento de 3.6 veces ($P < 0.05$). En el grupo SB, el nivel de IgG continuó aumentando del 28 al 42 día (8,7 a 9,6), mientras que, en el grupo control, el aumento en los niveles de IgG fue menor (3.6 a 5.4) ($P < 0.05$). En conclusión, los datos obtenidos en este estudio permitieron concluir que la bacteria *Saccharomyces boulardii* tiene un efecto modulador sobre la vacuna como respuesta inmune contra BoHV-5 en ratones. Por lo tanto, el uso de este probiótico puede contribuir significativamente para mejorar la respuesta provocada por las vacunas convencionales, en particular, las que dependen del aumento de los niveles de anticuerpos y de las respuestas inmunitarias mediadas por células. (49).

En Colombia en la ciudad de Sucre, se realizó una caracterización de microorganismos con potencial probiótico aislados de estiércol de terneros Brahman. Se recolectaron heces de cuatro terneros por finca, para un total de 12 terneros lactantes Brahman. Los terneros no recibieron alimento concentrado y no fueron tratados con antibióticos por lo menos tres meses antes del estudio. Se hizo un *pool* de heces con las muestras de cada finca, se pusieron en matraces de 250ml con 100ml de aceite mineral estéril en anaerobiosis y se colocaron en un agitador a 150rpm durante 10min a temperatura ambiente. Luego, se transportaron al laboratorio. Se aislaron bacterias y levaduras del estiércol y se determinó la capacidad probiótica de estas cepas mediante pruebas de resistencia a sales biliares (0.05, 0.1, 0.15 y 0.3%), resistencia a pH ácido (3, 4, 5.6, 7), tolerancia a NaCl (2, 4, 6, 8, 10%) y actividad antagónica (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*). Nueve microorganismos fueron identificados y dos pasaron la prueba de tolerancia (*Enterococcus faecium*, *Candida Krusei*). Se determinó la

capacidad antagónica frente a bacterias patógenas (*Salmonella spp* y *E. coli*), evidenciada por hatos en las dos cepas seleccionadas. De las dos bacterias aisladas, el *Enterococcus faecium* se convierte en una alternativa viable para la formulación de un biopreparado para mejorar los parámetros productivos y disminuir los trastornos gastrointestinales en terneros lactantes. De la cepa *Candida krusei* se requieren más estudios antes de ser suplementada en dietas (50).

Conclusiones y recomendaciones

- En los últimos 10 años, el uso de probióticos como suplemento alimenticio en animales, ha aumentado su interés y se ha demostrado que cada año se publican más investigaciones sobre el tema.
- Las cepas bacterianas mayormente utilizadas en el presente estudio, fueron las pertenecientes a la clase *Bacilli* (*Lactobacillus spp* y *Bacillus spp*).
- El uso de probióticos en dietas o tratamientos de enfermedades entéricas en animales domésticos, ha tenido resultados positivos frente a otros suplementos, pero las variaciones frente a dietas y tratamientos convencionales, son bajas. La heterogeneidad de la mayoría de estudios, sugiere ampliar las investigaciones antes de invertir en su uso.
- En producciones animales se encontró investigaciones más extensas y de fácil acceso, pero todas con el objetivo de tratar enfermedades que afectan los parámetros bioproductivos de los animales y la salud humana. En porcinos y acuicultura, los estudios y las clases bacterianas usadas fueron más amplias. En todas las producciones estudiadas el uso de probióticos demostró efectos positivos, permitiendo aplicar el uso de los mismos bajo los parámetros ya comprobados.

Bibliografía

1. Shin D, Chang SY, Bogere P, Won KH, Choi JY, Choi YJ, et al. Beneficial roles of probiotics on the modulation of gut microbiota and immune response in pigs. PLoS One. 2019;14(8):1–23.

2. Ringø E. Probiotics in shellfish aquaculture. *Aquac Fish*. 2020;5:1–27.
3. Molina A. Probiotics and their mechanism of action in animal feed. *Agron Mesoamerican*. 2019;30(2):601–11.
4. Abraham BP, Quigley EMM. Probiotics in Inflammatory Bowel Disease. *Gastroenterol Clin North Am* [Internet]. 2017;46(4):769–82. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gtc.2017.08.003>
5. Ding S, Yan W, Ma Y, Fang J. The impact of probiotics on gut health via alternation of immune status of monogastric animals. *Anim Nutr* [Internet]. 2021;7(1):24–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.11.004>
6. García M, López Y, Carcassés A. Empleo De Probióticos En Los Animales. *Sitio Argentino Prod Anim* [Internet]. 2012;1–8. Available from: www.produccion-animal.com.ar
7. Tormo Carnicé R. Probióticos. Concepto y mecanismos de acción. *An Pediatr Monogr*. 2006;4(1):30–41.
8. Grześkowiak Ł, Endo A, Beasley S, Salminen S. Microbiota and probiotics in canine and feline welfare. *Anaerobe*. 2015;34:14–23.
9. Jensen AP, Bjørnvad CR. Clinical effect of probiotics in prevention or treatment of gastrointestinal disease in dogs: A systematic review. *J Vet Intern Med*. 2019;33(5):1849–64.
10. Ziese AL, Suchodolski JS, Hartmann K, Busch K, Anderson A, Sarwar F, et al. Effect of probiotic treatment on the clinical course, intestinal microbiome, and toxigenic *Clostridium perfringens* in dogs with acute hemorrhagic diarrhea. *PLoS One*. 2019;13(9):1–16.
11. Cannas S, Tonini B, Belà B, Di Prinzio R, Pignataro G, Di Simone D, et al. Effect of a novel nutraceutical supplement (Relaxigen Pet dog) on the fecal microbiome and stress-related behaviors in dogs: A pilot study. *J Vet Behav* [Internet]. 2021;42:37–47. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.09.002>

12. Durmaz S, Kurtoğlu T, Barbarus E, Çetin NK, Yılmaz M, Rahman ÖF, et al. Probiotic *Saccharomyces boulardii* Alleviates Lung Injury by Reduction of Oxidative Stress and Cytokine Response Induced by Supraceliac Aortic Ischemia-Reperfusion Injury in Rats. *Brazilian J Cardiovasc Surg.* 2020;1–7.
13. Zhao J, Yu L, Zhai Q, Tian F, Zhang H, Chen W. Effects of probiotic administration on hepatic antioxidative parameters depending on oxidative stress models: A meta-analysis of animal experiments. *J Funct Foods* [Internet]. 2020;71(March):103936. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103936>
14. Cosme-Silva L, Dal-Fabbro R, Cintra LTA, Ervolino E, Do Prado AS, de Oliveira DP, et al. Dietary supplementation with multi-strain formula of probiotics modulates inflammatory and immunological markers in apical periodontitis. *J Appl Oral Sci.* 2021;29:1–8.
15. Legesse Bedada T, Feto TK, Awoke KS, Garedew AD, Yifat FT, Birri DJ. Probiotics for cancer alternative prevention and treatment. *Biomed Pharmacother* [Internet]. 2020;129(June):110409. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110409>
16. Schoster A. Probiotic Use in Equine Gastrointestinal Disease. *Vet Clin North Am - Equine Pract* [Internet]. 2018;34(1):13–24. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.11.004>
17. Shaw SD. Diagnosis and Treatment of Undifferentiated and Infectious Acute Diarrhea in the Adult Horse. 2020;(January).
18. Harlow BE, Lawrence LM, Harris PA, Aiken GE, Flythe MD. Exogenous lactobacilli mitigate microbial changes associated with grain fermentation (corn, oats, and wheat) by equine fecal microflora ex vivo. *PLoS One.* 2017;12(3):1–20.
19. Michelotto Júnior PV, Barussi FCM, Bastos FZ, Michelotto ALL, Weber SH. Mineral supplement with pre- and probiotic improves respiratory immune status in yearling racing thoroughbred horses: Preliminary results. *Cienc*

Rural. 2018;48(5):3–6.

20. Barba-Vidal E, Martín-Oru  SM, Castillejos L. Review: Are we using probiotics correctly in post-weaning piglets? *Animal* [Internet]. 2018;12(12):2489–98. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731118000873>
21. Bogere P, Choi YJ, Heo J. Probiotics as alternatives to antibiotics in treating post-weaning diarrhoea in pigs: Review paper. *South African J Anim Sci*. 2019;49(3):403–16.
22. Vera-Mej  RR, Vega-Cañizares E, Sánchez-Miranda L. Efecto de *Lactobacillus plantarum* como probiótico en cerdos al destete. *Rev Salud Anim*. 2018;40(3):1–7.
23. Haupenthal LA, Caramori Júnior JG, Corr a G da SS, Silva BAN. Oral supplementation of probiotics on the performance and gut histo-morphology of suckling piglets. *Cienc Rural*. 2020;50(10):1–9.
24. Miranda-Yuquilema JE, Marín-Cárdenas A, Lazo-Pérez L, Sánchez-Mac as D. Repercussion of lactic bacteria and yeasts on the productive performance and health of piglets. *Rev Investig Vet del Peru*. 2018;29(4):1203–12.
25. Suárez RA, Fandiño LC, Rond n IS. Evaluación del perfil metabólico lipídico en cerdas suplementadas con *Lactobacillus casei* durante un ciclo reproductivo. *Rev Investig Vet del Perú*. 2018;29(4):1278.
26. Miranda Yuquilema JE, Marín-Cárdenas A, González-Pérez M, Valla-Cepeda A, Baño-Ayala D. Repercusión de *Lactobacillus acidophilus* y *Kluyveromyces fragilis* (L-4 UCLV) en los parámetros bioproductivos de los cerdos. *Enfoque UTE*. 2018;9(2):27–35.
27. Kwak MJ, Tan PL, Oh JK, Chae KS, Kim J, Kim SH, et al. The effects of multispecies probiotic formulations on growth performance, hepatic metabolism, intestinal integrity and fecal microbiota in growing-finishing pigs. *Anim Feed Sci Technol* [Internet]. 2021;274(January):114833. Available from:

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114833>

28. Beruvides-rodríguez A, Elías-iglesias A, Valiño-cabrera EC. Effect of VITAFERT ® on the productive and health performance of growing-fattening pigs. 2018;41(2):145–50.
29. Vega-Cañizares E, Pérez-Ruano M, Armenteros-Amaya M, Hernández-García JE, Rodríguez-Fernández JC, Valdez-Paneca G. Eficacia de un probiótico sobre *Escherichia coli* K88 en cerdos. *Rev Salud Anim.* 2018;40(1):00–00.
30. Hai N V. The use of probiotics in aquaculture. *J Appl Microbiol.* 2015;119(4):917–35.
31. Soliman WS, Shaapan RM, Mohamed LA, Gayed SSR. Recent biocontrol measures for fish bacterial diseases, in particular to probiotics, bio-encapsulated vaccines, and phage therapy. *Open Vet J.* 2019;9(3):190–5.
32. Medina A, Moriñigo MÁ, Arijó S. Selection of putative probiotics based on antigen-antibody cross-reaction with *Photobacterium damsela* subsp. piscicida and *Vibrio harveyi* for use in Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquac Reports [Internet].* 2020;17(March):100366. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100366>
33. MACIEL DE MANCILHA I. Avaliação Da Viabilidade De Microrganismos Probióticos Incorporados Artesanalmente Em Ração De Peixes. *An do Simpósio Nac Bioprocessos.* 2015;XX.
34. Yi Y, Zhang Z, Zhao F, Liu H, Yu L, Zha J, et al. Probiotic potential of *Bacillus velezensis* JW: Antimicrobial activity against fish pathogenic bacteria and immune enhancement effects on *Carassius auratus*. *Fish Shellfish Immunol [Internet].* 2018;78(February):322–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.055>
35. Mirghaed AT, Yarahmadi P, Hosseinifar SH, Tahmasebi D, Gheisvandi N,

Ghaedi A. The effects singular or combined administration of fermentable fiber and probiotic on mucosal immune parameters, digestive enzyme activity, gut microbiota and growth performance of Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*) fingerlings. *Fish Shellfish Immunol* [Internet]. 2018;77(February):194–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.02.007>

36. Ringø E. Probiotics in shellfish aquaculture. *Aquac Fish* [Internet]. 2020;5(1):1–27. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.12.001>
37. Vidal JMA, Pessôa MN da C, dos Santos FL, Mendes P de P, Mendes ES. Probiotic potential of *Bacillus cereus* against *Vibrio* spp. in post-larvae shrimps. *Rev Caatinga*. 2018;31(2):495–503.
38. Valcarce DG, Martínez-Vázquez JM, Riesco MF, Robles V. Probiotics reduce anxiety-related behavior in zebrafish. *Heliyon*. 2020;6(5):4–7.
39. Bavananthasivam J, Alizadeh M, Astill J, Alqazlan N, Matsuyama-Kato A, Shojadoost B, et al. Effects of administration of probiotic lactobacilli on immunity conferred by the herpesvirus of turkeys vaccine against challenge with a very virulent Marek's disease virus in chickens. *Vaccine*. 2021;39(17):2424–33.
40. Al-Khalaifa H, Al-Nasser A, Al-Surayee T, Al-Kandari S, Al-Enzi N, Al-Sharrah T, et al. Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens. *Poult Sci*. 2019;98(10):4465–79.
41. van Wagenberg CPA, van Horne PLM, van Asseldonk MAPM. Cost-effectiveness analysis of using probiotics, prebiotics, or synbiotics to control *Campylobacter* in broilers. *Poult Sci*. 2020;99(8):4077–84.
42. Mortada M, Cosby DE, Shanmugasundaram R, Selvaraj RK. In vivo and in vitro assessment of commercial probiotic and organic acid feed additives in broilers challenged with *Campylobacter coli*. *J Appl Poult Res*. 2020;29(2):435–46.

43. de Jesus Beltrão Machado N, Cruz FGG, Brasil RJM, Rufino JPF, de Freitas LW, Dilelis F, et al. Effects of xylanase and probiotic supplementation on broiler chicken diets. *Rev Bras Zootec*. 2020;49.
44. Almeida Paz IC de L, de Lima Almeida IC, de La Vega LT, Milbradt EL, Borges MR, Chaves GHC, et al. Productivity and Well-Being of Broiler Chickens Supplemented With Probiotic. *J Appl Poult Res*. 2019;28(4):930–42.
45. Xu H, Huang W, Hou Q, Kwok L yu, Sun Z, Ma H, et al. The effects of probiotics administration on the milk production, milk components and fecal bacteria microbiota of dairy cows. *Sci Bull*. 2017;62(11):767–74.
46. Olchoway TWJ, Soust M, Alawneh J. The effect of a commercial probiotic product on the milk quality of dairy cows. *J Dairy Sci*. 2019;102(3):2188–95.
47. Encinas CMA, Villalobos GV, Viveros JD, Flores GC, Almora EA, Rangel FC. Animal performance and nutrient digestibility of feedlot steers fed a diet supplemented with a mixture of direct-fed microbials and digestive enzymes. *Rev Bras Zootec*. 2018;47.
48. Astesana DM, Zimmermann JA, Frizzo LS, Zbrun M V., Blajman JE, Berisvil AP, et al. Development and storage studies of high density macrocapsules containing *Lactobacillus* spp. strains as nutritional supplement in young calves. *Rev Argent Microbiol [Internet]*. 2018;50(4):398–407. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.11.001>
49. Roos TB, Avila LFC, Sturbelle RT, Leite FLL, Fischer G, Leite FPL. *Saccharomyces boulardii* modulates and improves the immune response to Bovine Herpesvirus type 5 Vaccine. *Arq Bras Med Vet e Zootec*. 2018;70(2):375–81.
50. Castillo Arroyo PL, Betancur Hurtado CA, Pardo Pérez E. Caracterización de microorganismos con potencial probiótico aislados de estiércol de terneros Brahman en Sucre, Colombia. *Rev Investig Vet del Perú*. 2018;29(2):438–48.

