

Potencial probiótico de bacterias obtenidas de la microbiota de becerros

Sarahí Rodríguez-González   María Laura González-Dávalos  

Armando Shimada   Ofelia Mora-Izaguirre¹  

Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RuMeN), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Blvd. Juriquilla 3001, 76230, Querétaro, México.

Resumen. La alta incidencia de diarrea en becerros incrementa la mortabilidad de estos, lo cual afecta significativamente la producción animal y disminuye la oferta de carne. Los probióticos pueden mejorar la respuesta inmune del animal e inhibir patógenos, lo cual ayudaría a disminuir el problema. Obtener información de los estudios donde se han aislado bacterias de la microbiota de becerros que han demostrado tener propiedades probióticas y aplicar ese conocimiento para disminuir la incidencia de diarreas en becerros, será de gran ayuda para mejorar su salud. Con este objetivo, se realizó una revisión de literatura de estudios donde aislaron bacterias de la microbiota de becerros y evaluaron *in vitro* las propiedades probióticas (resistencia a sales biliares y pH, capacidad de adhesión al moco, de autoagregación e hidrofobicidad, susceptibilidad a antibióticos e inhibición de patógenos). En algunos estudios, los becerros tratados con bacterias de la microbiota de becerros con potencial probiótico disminuyeron significativamente la incidencia de diarrea al mejorar la respuesta inmune y por lo tanto, la salud del animal. Las bacterias ácido-lácticas aisladas de la microbiota de becerros principalmente *Lactobacillus* demostraron tener potencial para ser usados como probióticos y mejorar la respuesta inmune de los becerros, logrando así, disminuir los problemas de diarrea, mejorar la salud animal y consecuentemente, la producción ganadera. El conocimiento generado es esencial para determinar los protocolos a seguir y así desarrollar nuevos probióticos que mejoren la salud y el bienestar de los becerros.

Palabras clave: Becerros; microbiota; probiótico; *Lactobacillus*; diarrea, rumen.

Financiamiento: El estudio fue financiado por el PAPIIT-UNAM (IN211518).

Lista de abreviaturas

BAL: Bacterias ácido-lácticas

Probiotic potential of bacteria obtained from microbiota of calves

Abstract. The high incidence of diarrhea in calves increases calf morbidity, which significantly affects animal production and consequently increases the demand for meat. Probiotics can improve the animal's immune response and inhibit pathogens, which would solve the problem. It would be very helpful to obtain information from studies where isolated bacteria from the microbiota of calves have been shown to have probiotic properties and apply that knowledge to reduce the incidence of diarrhea in calves and improve their health. The aim of this review was to obtain information from studies where bacteria isolated from calf microbiota and were evaluated *in vitro* the probiotic properties (resistance to bile salts and pH, ability to adhere to mucus, self-aggregation and hydrophobicity, antibiotic susceptibility and pathogens inhibition). There was evidence of bacteria isolation with probiotic potential from the microbiota of calves. In several studies, the incidence of diarrhea was significantly reduced, when calves were treated with these probiotics by improving the immune response and therefore, the health of the animal. Lactic acid bacteria isolated from calf microbiota, mainly *Lactobacillus*, showed their potential as probiotics improving the immune response of calves, thereby decreasing diarrhea problems, strengthening animal health and consequently, cattle production. The knowledge generated is crucial to consider and implement new practices for preventing gastrointestinal diseases, establishing innovative development of probiotics to increase animal production level and welfare of the calves.

Key words: Calves; microbiota; probiotic; *Lactobacillus*; diarrhea; rumen.

Potencial probiótico de bacterias obtidas da microbiota de bezerros

Resumo. A alta incidência de diarreia em bezerros aumenta a mortalidade destes, o que afeta significativamente a produção animal e diminui a oferta de carne. Os probióticos podem melhorar a resposta imune do animal e inibir patógenos, o que ajuda a diminuir o problema. Obter informações sobre os estudos onde há bactérias isoladas da microbiota de bebês que demonstraram ter propriedades probióticas e aplicar esse conhecimento para diminuir a incidência de diarreias em bebês será de grande ajuda para melhorar sua saúde. Com este objetivo, realizou-se uma revisão de literatura de estudos onde isolar bactérias da microbiota de bezerros e avaliar *in vitro* as propriedades probióticas (resistência a vendas biliares e pH, capacidade de adesão ao moco, de autoagregação e hidrofobicidad, suscetibilidade a antibióticos e inibição de patógenos). Em alguns estudos, los bezerros tratados com bacterias da microbiota de becerros com potencial probiótico disminuían significativamente a incidência de diarreia ao melhorar a resposta imune e, portanto, a saúde do animal. As bacterias ácido láctico isoladas da microbiota de bezerros principalmente *Lactobacillus* demonstram ter potencial para serem usadas como probióticos e melhorar a resposta imune dos becerros, logrando assim, disminuir los problemas de diarreia, mejorar la salud animal e conseqüentemente, a produção ganadera. O conhecimento gerado é essencial para determinar os protocolos a seguir e assim desenvolver novos probióticos que melhorem a saúde e o bem-estar dos benefícios.

Palavras-chave: Bezerros; microbiota; probiótico; *Lactobacillus*; diarreia, rúmen.

Introducción

En los últimos años ha incrementado la demanda de consumo en proteína de origen animal, la cual se duplicará para el año 2050, esto representa un reto para la producción ganadera, ya que se deberá aplicar los conocimientos científicos y tecnológicos apropiados para garantizar y satisfacer dicha demanda mediante el incremento de la producción de carne y leche de buena calidad. Sin embargo, la incidencia de diarreas en los sistemas de crianza de becerros en el trópico es de 3 a 15 %, provocando entre un 2 y 3 % de mortalidad de estos (Román-Ponce *et al.*, 2009).

Esto se debe a las condiciones de higiene, al destete de los terneros y los cambios en la alimentación que causan estrés. Al nacer, el animal entra en contacto con los microorganismos del medio ambiente que colonizan su cuerpo; el aparato digestivo se recubre de la microbiota que se desarrolla naturalmente en ese hábitat y se convierte en un sistema afectado por los otros animales, los alimentos que consumen, las condiciones ambientales de crianza y desarrollo, y los tratamientos sanitarios (Rosmini *et al.*, 2004). Estos factores pueden inhibir la colonización del intestino por la microbiota beneficiosa o microbiota comensal y en cambio favorecer su colonización por patógenos, provocando el desarrollo de enfermedades infecciosas (Signorini *et al.*, 2012; Ventura *et al.*, 2013).

Las diarreas provocan pérdidas de aproximadamente el 10 % del peso vivo de los animales, si éstos pesan 50 kg; la pérdida de 5 kg por animal representa un costo de \$ 60.00 por kilogramo; y la diarreia tendrá

un costo aproximado de \$ 300.00 sólo por concepto de pérdida de peso. Si hay aproximadamente 10 millones de vaquillas en el trópico y éstas paren una vez cada dos años, se tendrían 5 millones de becerros al año y si son afectados por diarreia en promedio a un 8.3 %, esto significa que, las pérdidas anuales por diarreia en los becerros criados en el trópico oscilan alrededor de los 125 millones de pesos, esto, sin considerar el costo de los medicamentos (Ok *et al.*, 2009).

Como parte de la estrategia para disminuir la generación y propagación de resistencia antimicrobiana, los países de la Unión Europea desde el año 2006, han prohibido el uso de los antibióticos como promotores del crecimiento (APC) (Diario Oficial de la Union Europea, 2019), Actualmente en EE.UU., la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) dictaminó que a partir de enero 2017, no se usarán antibióticos como promotores de crecimiento, pero sí permite su uso como prevención y bajo la supervisión de un veterinario. Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2017) recomienda que las industrias agropecuaria, piscicultura y alimentaria dejen de usar antibióticos para estimular su crecimiento o prevenir enfermedades en animales sanos debido a que pueden inducir bacterias resistentes que son transmitidas a la población (OMS, 2017; Tang *et al.*, 2017). Entre los objetivos del Plan de Acción Mundial contra la resistencia antimicrobiana se encuentra la prevención de enfermedades infecciosas y la aplicación de nuevas alternativas para prevenirlas y tratarlas.

Metodología

Del 24 al 29 de septiembre de 2021 se realizó una búsqueda en bases de datos electrónicas (PubMed, ScienceDirect, AGRIS, Google Académico, Embase y SciELO). Los criterios de inclusión fueron estudios originales que dieran información de bacterias obtenidas de microbiota de becerros que tubieran un potencial o características probióticas. Se extrajeron los datos de estos estudios para poder hacer una clasificación donse de incluyó el nombre de las bacterias, la fuente de obtención, características probióticas y patógenos que inhiben y así poder identificar cuales son las bacterias que más se han reportado para tener estas características.

Probióticos

El tubo gastrointestinal de mamíferos alberga billones de bacterias comensales beneficiosas para la salud, estas son importantes en la digestión de alimentos y responsables de la extracción y síntesis de nutrientes y metabolitos los cuales son esenciales para la salud (Brestoff y Artis, 2013), pues están implicados en el desarrollo, homeostasis y función de las células inmunitarias innatas y adaptativas (Hill y Artis, 2010), las bacterias comensales pueden influir en la inmunidad del huésped a través de mecanismos directos e indirectos dependientes de sus nutrientes y metabolitos como ácidos biliares, lípidos, aminoácidos, vitaminas y ácidos grasos de cadena corta, lipopolisacáridos y peptidoglicanos (Tremaroli y Bäckhed, 2012; Abraham y Medzhitov, 2011). Uno de los mecanismos puede ser a través de receptores específicos de metabolitos que activan vías de señalización de transducción de señales y programas trasccripcionales que controlan la diferenciación la proliferación, migración y función de las células inmunitarias (Hill y Artis, 2010; Abraham y Medzhitov, 2011).

El microbioma en recién nacidos es menos diverso que el de los adultos, la colonización progresiva aumenta a lo largo del tiempo esta diversidad (Turróni *et al.*, 2012). Según microbiomas, las bacterias pioneras son anaerobios facultativos como *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* y *Enterobacteriaceae* spp. durante los primeros días de vida (Fanaro *et al.*, 2003) y *Bifidobacterium* en una semana (Jost *et al.*, 2012). En un estudio se señala la relación que se observó entre la prevalencia de *Faecalibacterium* durante la primera semana de vida y el incremento de peso, así como la incidencia de diarrea en los becerros de 4 semanas (Oikonomou *et al.*, 2013). La composición bacteriana en

los becerros cambia durante las 12 primeras semanas de vida, en estos cambios incluyen la aparición de *Ruminococcus flavefaciens* y *Fibrobacter*, así como la desaparición de *Bifidobacterium*, *Enterobacteriaceae*, *Streptococcus* y *Lactobacillus*, esto debido a la dieta y al desarrollo intestinal (Uyeno *et al.*, 2010).

Los probióticos son microorganismos que confieren beneficios a la salud de su huésped cuando se administran en dosis adecuadas debido a sus efectos nutricionales, inmunológicos, bacteriostáticos y bacteriocinas (FAO/WHO, 2002; Guarner *et al.*, 2005; Pineiro y Stanton, 2007). Los microorganismos con capacidad probiótica pueden reforzar el sistema inmune al incrementar la resistencia a la colonización del tubo gastrointestinal por patógenos (Rosmini *et al.*, 2004). El mecanismo usado es un efecto barrero la cual previene la colonización en sitios intestinales por patógenos, previniendo patologías infecciosas (Isolauri *et al.*, 2001; Hooper *et al.*, 2012), por lo tanto, son una alternativa para la prevención y el tratamiento de algunas patologías animales y mejorar la producción animal (Uyeno *et al.*, 2015).

Algunas bacterias ácido-lácticas (BAL) tienen efectos inmunomoduladores y protectores y pueden prevenir patologías infecciosas (Hooper *et al.*, 2012; Isolauri *et al.*, 2001). Los más utilizados son los miembros de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Adams y Marteau, 1995; Pineiro y Stanton, 2007), son miembros habituales de la microbiota de los animales y su uso se considera seguro en todo el mundo.

Las características microbianas ideales para ser considerados como candidatos a probióticos son: ser un habitante normal de la especie objetivo, no tóxico, no patógeno, resistente al pH del tubo intestinal, la temperatura y sales biliares, antagonista de las bacterias patógenas, adherente a la mucosa intestinal, potencial de modular la respuesta inmune, y ser genéticamente estable (Hernández-Peñaranda, 2003). Un punto muy importante de las cepas probióticas es que no alberguen genes transmisibles de resistencia a fármacos usados clínicamente (Mathur y Singh, 2005).

En el año 2002, la OMS publicó la Guía para la Evaluación de Probióticos en Alimentos, se establece el uso y adopción de las directrices del documento como requisito previo para identificar una cepa bacteriana "probiótica" (FAO/WHO, 2002). Primero es necesario conocer el género y la especie, la evidencia actual sugiere que los efectos probióticos son específicos de cepa. Esta caracterización debe ser establecida utilizando la más actual y válida metodología. Se



recomienda utilizar una combinación de pruebas fenotípicas y genéticas. Además, se deben realizar ensayos *in vitro*, los cuales son útiles para obtener conocimiento de las cepas y el mecanismo de su efecto probiótico. Los ensayos *in vitro* recomendados que se correlacionan con resultados *in vivo* son: resistencia a la acidez gástrica; resistencia ácidos biliares, adhesión a la mucosa y/o a las células epiteliales y líneas celulares, actividad antimicrobiana contra bacterias potencialmente patógenas, capacidad para reducir la adhesión de patógenos a las superficies y actividad de hidrolasa sobre sales biliares (FAO/WHO, 2002).

La seguridad de las bacterias Generalmente Reconocidas como Seguras (GRAS, por sus siglas en inglés de Generally Accepted as Safe) para las cepas probióticas se caracterizan con las siguientes pruebas:

- Determinación de los patrones de resistencia a antibióticos.
- Evaluación de ciertas actividades metabólicas (producción de D-lactato, desconjugación de sales biliares, etc.).
- Evaluación de efectos secundarios en estudios *in vivo*.
- Vigilancia epidemiológica de incidentes adversos en la post-venta.
- Si la cepa evaluada pertenece a una especie que produce alguna toxina nociva para mamífero, se debe evaluar para la producción de la toxina.
- Si la cepa evaluada pertenece a una especie con potencial hemolítico conocido, se requiere la determinación de dicha actividad.
- La falta de infectividad de una cepa probiótica en animales inmunocomprometidos deberá tener una medida de confianza en la seguridad del probiótico.

Por otro lado, para el desarrollo de probióticos se debe hacer énfasis en la conservación de sus características por largos periodos. A través de los años se han desarrollado varios métodos de conservación de microorganismos que se basan en la reducción de su actividad metabólica (Hernández-Peñaranda, 2003).

Los tres objetivos que hay que alcanzar para conservar correctamente las cepas microbianas son:

1. Qué el cultivo a conservar sea puro, evitando que se produzcan contaminaciones durante el proceso de conservación.
2. Qué durante el tiempo de conservación sobrevivan al menos el 70-80 % de los microorganismos.
3. Qué estas cepas microbianas permanezcan genéticamente estables.

Todos los métodos de conservación buscan que los microorganismos sufran el mínimo daño y se preserven por el máximo periodo posible. Los métodos de conservación a largo plazo paralizan el crecimiento de las cepas microbianas, sin que éstas mueran.

Uso y efecto de probióticos en becerros

Respecto al uso de probióticos en becerros, los estudios revelan resultados contradictorios con relación al crecimiento y el estado de salud de los terneros. Diversos autores (Abu-Tarboush *et al.*, 1996; Ávila *et al.*, 1995; Morrill *et al.*, 1995) observaron que el uso de probióticos pre-destete no tuvieron efectos evidentes en el crecimiento del ternero, pero sí mejoraron el estado de salud de los animales. Gill *et al.* (1987) reportaron que becerros alimentados con probióticos tuvieron un 10.9 % menos de posibilidades de sufrir problemas de salud que los alimentados sin probióticos. Por otro lado, algunos estudios si mostraron mejorar el crecimiento de los animales con el uso de probióticos (Zhang *et al.*, 2016; Sarker *et al.*, 2010; Timmerman *et al.*, 2005; Abe *et al.*, 1995; Feist *et al.*, 1997; Roth *et al.*, 1992; Strzetelski *et al.*, 1996).

Respecto a la utilización de bacterias lácticas en bovinos, diversos componentes de bacterias lácticas con efecto inmunomodulador o protector se han utilizado para prevenir patologías infecciosas. El uso del *Lactobacillus brevis* KCTC3102 y su proteína de la capa S, expresada en *E. coli*, produjo un efecto protector contra las diarreas neonatales en becerros (Khang *et al.*, 2009). También se ha reportado el uso de *Lactobacillus plantarum* y el de *Lactobacillus sakei* (LS) cepa 10-EGR-a, para prevenir el crecimiento de *Salmonella* spp. y *E. coli*, usando para ello líquido intestinal de ganado de engorda *in vitro* (Ruby e Ingham, 2009; Rodríguez-Palacios *et al.*, 2009). Vamanu *et al.* (2008) reportaron el uso y sobrevivencia de *Lactobacillus paracasei* CMGB16, en combinación con otras bacterias y levaduras en líquido ruminal, encontrando que esta cepa fue capaz de crecer en condiciones de anaerobiosis ruminal por un período de 12 días.

Aislamiento de bacterias de la microbiota de becerros con potencial probiótico

La mejor opción para obtener bacterias con potencial probiótico es de su huésped natural, así las bacterias reconocen el ambiente del tubo gastrointestinal, pudiendo proliferar y mostrar fácilmente sus efectos benéficos (Dowarah *et al.*, 2018), para seleccionar las bacterias adecuadas con el mejor potencial y propiedades probióticas para rumiantes se han usado con eficiencia análisis *in vitro* (Ridwan *et al.*, 2018).

Se han identificado diferentes bacterias presentes en el tubo gastrointestinal de becerros sanos de 65 días, la mayoría corresponden a bacterias ácido-lácticas (BAL); *Lactobacillus* (169 aislados, 54 % del total) y *Streptococcus* (99 aislados, 32 % del total), *L. mucosae* (51 % de *Lactobacillus* spp., 28 % del total) (Busconi *et al.*, 2008).

Soto *et al.* (2010) aislaron 42 BAL del tracto intestinal de becerros, las especies predominantes también fueron los *Lactobacillus*, los que se encontraron en mayor proporción fueron *L. salivarius* (28/42) en ciego, se sugiere que estas bacterias podrían proporcionar efectos benéficos y usarse como probióticos. Los *Lactobacillus* se encuentran en altas concentraciones en el rumen de bovinos y se utilizan ampliamente como probióticos en el ganado para balancear la microbiota del tubo gastrointestinal y disminuir el riesgo de colonización de patógenos disminuyendo la adherencia de estos a la mucosa intestinal, también han mostrado tener inmunocompetencia, además de aumentar el peso corporal y la digestibilidad de los alimentos, y por ende, la salud del animal (FAO/WHO, 2002; Uyeno *et al.*, 2015; Al-Saiady, 2010; Isolauri *et al.*, 2001).

Los probióticos más utilizados en la industria alimenticia son principalmente las BAL, mayormente *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus*, además, *Bifidobacterium* spp., *Propionobacterium* spp., *Enterococcus faecium*, *Lactococcus lactis*, y *Escherichia colinisse* (Adams y Marteau, 1995; Pineiro y Stanton, 2007; Weimer, 2015).

Hay varios estudios donde se han aislado bacterias de la microbiota de becerros con potencial probiótico, la mayoría de estos se aíslan de bacterias en heces de becerros: Timmerman *et al.* (2005) aislaron 6 especies de *Lactobacillus* (Cuadro 1). Los efectos benéficos de estas bacterias fueron incrementar el peso corporal de becerros de 1 semana de vida durante las 2 primeras semanas de uso, reducir la incidencia de diarrea y la concentración de coliformes fecales; además se

disminuyó el porcentaje de becerros que requerían terapia y tratamientos para enfermedades digestivas o respiratorias, por lo tanto, la mortalidad disminuyó.

Ripamonti *et al.* (2011) aislaron especies específicas de BAL (cuadro 1), se seleccionaron 7 cepas para evaluar sus características probióticas y 3 de estas cepas mostraron capacidad de sobrevivir en el tubo gastrointestinal y producir compuestos antimicrobianos como ácidos orgánicos (acético y láctico), lo cual puede explicar la inhibición de patógenos. Las cepas *L. paracasei* subsp. *paracasei* SB137 y *L. animalis* SB310 fueron susceptibles a antibióticos beta láctamicos y quinolonas.

En el estudio de Maldonado *et al.* (2012), se obtuvieron 14 cepas de BAL (Cuadro 1) que mostraron características probióticas, inhibir patógenos y producir bacteriocinas. Debido a esto, se sugiere que las cepas pueden usarse para la prevención de diarreas en becerros neonatos y como probióticos.

De igual manera, Castillo *et al.* (2018) aislaron bacterias de becerros lactantes Brahman en Sucre y evaluaron su capacidad probiótica, logrando identificar 9 microorganismos, de los cuales, sólo tres cepas (Cuadro 1) pasaron las pruebas probióticas. La cepa M13a no inhibió el crecimiento de patógenos (*E. coli* y *Salmonella*), M2103c inhibió sólo crecimiento *E. coli* y 103M2 inhibió ambos patógenos. Esta inhibición se atribuye a la producción de ácido láctico, acético y otros compuestos volátiles que disminuyen el pH, ácidos grasos de cadena corta, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas (Zamora, 2003). Finalmente, *Enterococcus faecium* obtuvo las mejores propiedades probióticas.

En el mismo año, Fernández *et al.* (2018) aislaron *Lactobacillus* spp. de becerros lactantes sanos con capacidad probiótica. Ellos seleccionaron 4 cepas (Cuadro 1) de acuerdo a su capacidad para colonizar y persistir en el tracto gastrointestinal de los becerros. Las cepas TP1.3B y TP1.6 persistieron en los animales tratados hasta 10 días después de la administración, lo cual sugieren la elección de ser buenos candidatos para diseñar un probiótico para becerros.

En 2020, Boranbayeva *et al.* aislaron 5 cepas de BAL de heces de becerros Holstein identificadas como *Enterococcus faecium* y *Lactobacillus casei*; que mostraron propiedades probióticas (Cuadro 1). Además, casi todas de las cepas fueron sensibles a la mayoría de los antibióticos estudiados y las BAL inhibieron al menos un patógeno de los analizados.



En el mismo año, Zhu *et al.* (2020) obtuvieron *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (Cuadro 1) de becerros. La cepa *Lactobacillaceae* mostró un mayor catabolismo de inulina lo que significa un incremento en la absorción de nutrientes y mayor crecimiento del animal.

Duarte *et al.* (2021) detectaron alta cantidad de BAL en heces de becerros, algunas de ellas mostraron potencial probiótico (Cuadro 1). *Latobacillus plantarum* inhibió el crecimiento de cepas *E. coli* que causan *colibacilosis* en terneros.

Otros estudios han aislado microorganismos de la microbiota de la mucosa del tubo gastrointestinal de becerros: Frizzo *et al.* (2006) aislaron cepas de saliva e intestino (Cuadro 1) que mostraron propiedades probióticas al permanecer viables durante el tránsito gástrico e intestinal (*Lactobacillus casei* DSPV 318T); también se observó la producción de una sustancia antimicrobiana por parte de *P. acidilactici* DSPV 006T y la capacidad de autoagregación de *L. salivarius* DSPV 315T. Estas cepas incrementaron el crecimiento y mejoraron el estado de salud de becerros (Frizzo *et al.*, 2008).

Posteriormente en 2017, Sandes *et al.* (2017), seleccionaron 3 cepas de 40 BAL aisladas de becerros sanos (Cuadro 1): *Lactobacillus fermentum* V3B-08, aislada de la mucosa de las vías respiratorias superiores, *Weissella hellenica* V1V-30, aislada de la mucosa vaginal, y *Lactobacillus farciminis* B4F-06, aislada de la mucosa intestinal. También presentaron características probióticas y antagonismo contra algunos patógenos.

En otro estudio, Landa-Salgado *et al.* (2019) aislaron 12 cepas BAL de becerros Holstein. Cinco de los aislados (Cuadro 1) resistieron el pH y sales biliares.

Bujnakova *et al.* (2014) estudiaron 20 aislados de pollos y becerros, 5 especies de éstas (Cuadro 1) mostraron capacidades probióticas, 16 de las cepas mostraron sensibilidad a determinados agentes antimicrobianos, 2 de éstas disminuyeron la formación de biopelículas con patógenos (*E. coli* y *Klebsiella*), sugiriendo que este efecto se debe a la producción de ácido.

Además, Abu-Tarboush *et al.* (1996) evaluaron una dieta con mezcla comercial de *Lactobacillus* (*L. acidophilus* plus *L. plantarum*) y *Lactobacillus acidophilus*

27SC aislado de contenido intestinal de becerros de 2-5 semanas; se observó que este último disminuyó la concentración de coliformes fecales, al igual que disminuyó la diarrea en los becerros; el peso corporal se incrementó durante la semana 7-9 en becerros alimentados con la mezcla de *Lactobacillus* y 10-12 semanas para los becerros alimentados con *L. acidophilus* 27SC.

El Cuadro 1 muestra las diversas bacterias aisladas de becerros que mostraron propiedades y potencial probiótico en la aplicación a becerros.

En dicho cuadro podemos observar que la mayoría de estas bacterias se obtuvieron de mucosa oral (Landa-Salgado *et al.*, 2019; Maldonado *et al.*, 2012; Frizzo *et al.*, 2006) y heces de becerros (Timmenrman *et al.*, 2005; Ripamonti *et al.*, 2011; Maldonado *et al.*, 2012; Fernández *et al.*, 2018; Castillo *et al.*, 2018; Boranbayeva *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2020; Duarte *et al.*, 2021). Las bacterias más reportadas con estas características probióticas son *Lactobacillus salivarius* (Timmenrman *et al.*, 2005; Frizzo *et al.*, 2006; Maldonado *et al.*, 2012; Bujnakova *et al.* 2014), *Lactobacillus amylovorus* (Maldonado *et al.*, 2012; Bujnakova *et al.* 2014; Fernández *et al.*, 2018) y *Lactobacillus Plantarum* (Timmenrman *et al.*, 2005; Landa-Salgado *et al.*, 2019; Duarte *et al.*, 2021). La mayoría de estas bacterias presentan resistencia al pH del tubo gastrointestinal (Timmenrman *et al.*, 2005; Frizzo *et al.*, 2006; Ripamonti *et al.*, 2011; Maldonado *et al.*, 2012; Bujnakova *et al.* 2014; Sandes *et al.*, 2017; Fernández *et al.*, 2018; Castillo *et al.*, 2018; Landa-Salgado *et al.*, 2019; Boranbayeva *et al.*, 2020; Duarte *et al.*, 2021) y sales biliares (Frizzo *et al.*, 2006; Ripamonti *et al.*, 2011; Maldonado *et al.*, 2012; Bujnakova *et al.* 2014; Sandes *et al.*, 2017; Fernández *et al.*, 2018; Castillo *et al.*, 2018; Landa-Salgado *et al.*, 2019; Boranbayeva *et al.*, 2020; Duarte *et al.*, 2021). *E. coli* (Boranbayeva *et al.*, 2020; Duarte *et al.*, 2021; Bujnakova *et al.* 2014) y *Salmonella* (Timmenrman *et al.*, 2005; Ripamonti *et al.*, 2011; Maldonado *et al.*, 2012; Sandes *et al.*, 2017; Fernández *et al.*, 2018; Castillo *et al.*, 2018); son los patógenos que más se han estudiado que son inhibidos por estas bacterias, patógenos que provocan diarreas en los becerros. Se reporta que la mayoría de las bacterias que tienen la capacidad de inhibir patógenos puede deberse a la producción de ácidos orgánicos que tienen dicho efecto.

Cuadro 1. Bacterias aisladas de becerros con características probióticas y acción inhibitoria sobre algunos patógenos

| Bacterias | Fuente de obtención | Características probióticas | Patógenos que inhibe | Referencia |
|---|---|---|---|--------------------------------|
| <i>Lactobacillus acidophilus</i> W55, <i>Lactobacillus salivarius</i> W57, <i>Lactobacillus paracasei</i> spp. <i>paracasei</i> W56, <i>Lactobacillus plantarum</i> W59, <i>Lactococcus lactis</i> W58 y <i>Enterococcus faecium</i> W54 | Digesta y heces de becerros | Resistencia a sales biliares (0.4 %) Resistencia a diferentes temperaturas | <i>L. monocytogenes</i> <i>Salmonella T. E. coli</i> | Timmerman <i>et al.</i> (2005) |
| <i>Lactobacillus casei</i> DSPV 318T, <i>Lactobacillus salivarius</i> DSPV 315T y <i>Pediococcus acidilactici</i> DSPV 006T | Saliva e intestino (duodeno, yeyuno y colon) becerros lactantes a los 5 y 25 días de vida | Sobrevivencia a jugos gástricos (resistencia a pH y sales biliares) Autoagregación | <i>L. monocytogenes</i> | Frizzo <i>et al.</i> (2006) |
| <i>B. longum</i> , <i>Streptococcus bovis</i> , <i>Lactobacillus animalis</i> y <i>Streptococcus macedonicus</i> | Heces de becerros de 50 días | Resistencia a acidez (pH 3-7) Resistencia a sales biliares (0.3 %) Adhesión a células epiteliales del intestino. Producción de ácidos orgánicos. Sensibilidad a antibióticos beta lactámicos y quinolonas | <i>L. monocytogenes</i> <i>Salmonella T.</i> <i>E. coli</i> | Ripamonti <i>et al.</i> (2011) |
| <i>L. johnsonii</i> , <i>L. amylovorus</i> , <i>L. salivarius</i> , <i>L. murinus</i> y <i>L. mucosae</i> | Cavidad oral y heces de becerros (menos de 4 meses de edad) | Resistencia a pH ácido Resistencia a sales biliares (0.5, 1 y 2 %) Producción de H ₂ O ₂ Autoagregación Hidrofobicidad | <i>Salmonella dublin</i> MP/07 <i>Escherichia coli</i> 3511AD <i>Streptococcus dysgalactiae</i> 05/84 <i>Streptococcus uberis</i> MP/06 <i>Yersinia enterocolitica</i> 1845/00 | Maldonado <i>et al.</i> (2012) |
| <i>Lactobacillus salivarius</i> , <i>Lactobacillus agilis</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Lactobacillus murinus</i> y <i>Lactobacillus amylovorus</i> | Becerros | Resistencia pH 2.5 Resistencia sales biliares (0.3 %) Sensibilidad a determinados agentes antimicrobianos. | <i>E. coli</i> <i>Klebsiella</i> | Bujnakova <i>et al.</i> (2014) |
| <i>Lactobacillus fermentum</i> V3B-08, <i>Weissella hellenica</i> V1V-30 y <i>Lactobacillus farcininis</i> B4F-06 | Mucosa de vías respiratorias superiores. Mucosa intestinal y mucosa vaginal. | Resistencia a jugos gástricos y sales biliares. Suscceptibles a antibióticos; producción de H ₂ O ₂ . Hidrofobicidad. | <i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778 <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313. <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 2921 <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 19433 <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 <i>Salmonella enterica</i> ATCC 14028 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853. | Saunders <i>et al.</i> (2017) |
| <i>Lactobacillus johnsonii</i> TP1.1, <i>Lactobacillus reuteri</i> TP1.3B, <i>L. johnsonii</i> TP1.6 y <i>Lactobacillus amylovorus</i> TP8.7 | Heces de becerros de 1-6 meses de edad. | Resistencia a pH 2 Resistencia a sales biliares (0.3 %), Formación de biopelícula | <i>Escherichia coli</i> 52.3 <i>E. coli</i> 61.1 <i>Salmonella enterica serovar Typhimurium</i> | Fernández <i>et al.</i> (2018) |
| <i>Enterococcus faecium</i> M13a, <i>Candida krusei</i> 103M2 y M2103c | Heces de becerros lactantes Brahman en Sucre | Adhesión a mucus y a células Caco-2 Resistencia a sales biliares (0.05, 0.1, 0.15, y 0.3 %) Resistencia a pH ácido (3.4, 5.6, 7) Resistencia a NaCl (2.4, 6.8, 10 %) | <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> | Castillo <i>et al.</i> (2018) |



Cuadro 1. Bacterias aisladas de becerros con características probióticas y acción inhibitoria sobre algunos patógenos (Continuación)

| Bacterias | Fuente de obtención | Características probióticas | Patógenos que inhibe | Referencia |
|---|---|---|---|------------------------------------|
| <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus crispatus</i> y <i>Lactococcus lactis</i> | Mucosa oral de becerros Holstein | Resistencia a pH 4, 4.5 y 6.5 Resistencia a Sales biliares (0.3 y 1.5 %) | | Landa-Salgado <i>et al.</i> (2019) |
| <i>Enterococcus faecium</i> y <i>Lactobacillus casei</i> | Heces becerros Holstein de 12 a a 14 meses de edad | Resistencia a pH 4 Resistencia a sales biliares (0.3 %) Sensibles a la mayoría de los anti- bióticos estudiados. Hidrofobicidad | <i>S. typhimurium</i> ATTC 700408 <i>E. coli</i> DSM 10973 <i>S. aureus</i> ATTC 700699 | Borانبayeva <i>et al.</i> (2020) |
| <i>Bifidobacterium</i> y <i>Lactobacillus</i> | Heces de becerros | Catabolismo de inulina (fermentación) Incremento en absorción de nutrientes Incremento en peso corporal | | Zhu <i>et al.</i> (2020) |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | Heces de becerros | Capacidad de coagulación de leche Resistencia a pH 4 | <i>E. coli</i> | Duarte <i>et al.</i> (2021) |

Conclusiones

Las bacterias aisladas principalmente de la microbiota de heces de becerros corresponden en su mayoría a las BAL, mayoritariamente *Lactobacillus* (*Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus amylovorus* y *Lactobacillus plantarum*), se reportan ampliamente sus propiedades y potencial probiótico mediante las cuales pueden modular la microbiota, mejorar la respuesta inmune y disminuir la incidencia de diarreas en becerros al incrementar la resistencia a la colonización del tubo gastrointestinal por patógenos como *Salmonella* y *E. Coli* principalmente, los

cuales causan dichas diarreas en becerros, mediante la producción de ácidos orgánicos que tienen dicho efecto. Adicionalmente, la absorción de nutrientes ocasionada por los probióticos puede incrementar el peso corporal y disminuir las pérdidas económicas. El conocimiento generado es esencial para determinar los protocolos a seguir y poder desarrollar nuevos probióticos que mejoren la salud y el bienestar de los becerros. *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus amylovorus* y *Lactobacillus plantarum* podrían ser las mejores opciones para producir un probiótico para becerros que provean tales beneficios.

Conflicto de interés: Ningún conflicto de interés por declarar.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la beca postdoctoral de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) UNAM y al Programa de Apoyo a Proyectos de

Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT)-UNAM el apoyo a través del proyecto IN211518.

Contribuciones de los autores

Sarah Rodríguez-González: Investigador posdoctoral. Revisión de literatura, escritura del documento. María Laura González-Dávalos: Técnico Académico. Corrección de estilo, administración del proyecto. Armando Shimada.

Profesor Emérito. Revisión y corrección del texto. Ofelia Mora. Profesor Titular. Idea original, revisión y corrección del texto, obtención del financiamiento.

Editado por Omar Araujo-Febres.

Financiamiento: El estudio fue financiado por el PAPIIT-UNAM (IN211518).

Literatura Citada

- Abe, F., N. Ishibashi, and S. Shimamura. 1995. Effect of administration of bifidobacteria and lactic acid bacteria to newborn calves and piglets. *Journal of Dairy Science*, 78: 2838-2846. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76914-4
- Abraham, C. and Medzhitov, R. 2011. Interactions between the host innate immune system and microbes in inflammatory bowel disease. *Gastroenterology*, 140:1729-1737. doi:10.1053/j.gastro.2011.02.012
- Abu-Tarboush, H. M., M. Y. Al Saidy, and A. H. Keir El Din. 1996. Evaluation of diet containing *Lactobacilli* on performance, fecal coliform, and *lactobacilli* of young dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*, 57: 39-49. doi:10.1016/0377-8401(95)00850-0
- Adams, M. R. and P. Marteau. 1995. On the safety of lactic acid bacteria from food. *International Journal of Food Microbiology*, 27: 263-264. doi:10.1016/0168-1605(95)00067-T
- Alawneh J. I., M. O. Barreto, R. J. Moore, M. Soust, H. Al-harbi, A. S. James, D. Krishnan and T. W. J. Olchoway. 2020. Systematic review of an intervention: the use of probiotics to improve health and productivity of calves. *Preventive Veterinary Medicine*, 183:105147. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105147
- Al-Saiady M. Y. 2010. Effect of probiotic bacteria on immunoglobulin g concentration and other blood components of newborn calves. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(3):604-609. doi:10.3923/javaa.2010.604.609
- Ávila, F. A., A. C. Paulillo, R. P. Schoken-Iturino, F. A. Lucas, A. Orgaz, and J. L. Quintana. 1995. A comparative study of the efficiency of a probiotic and the anti-K99 and anti-A14 vaccines in the control of diarrhea in calves in Brazil. *Revue d'élevage et de Médecine Veterinaire des Pays Tropicaux*, 48: 239-43. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8745746/>
- Brestoff J. R. and D. Artis. 2013. Commensal bacteria at the interface of host metabolism and the immune system. *Nature immunology*, 14(7): 676-684. doi:10.1038/ni.2640
- Boranbayeva, T., A. K. Gül, Z. Tulemissova, R. Myktybayeva, and S. Özkaya. 2020. Properties of a New Probiotic Candidate and Lactobacterin-TK2 Against Diarrhea in Calves. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12: 918-928. doi:10.1007/s12602-020-09649-4



- Bujnakova, D., E. Strakova, and V. Kmet. 2014. *In vitro* evaluation of the safety and probiotic properties of *Lactobacilli* isolated from chicken and calves. *Anaerobe*, 29: 118-127. doi:10.1016/j.anaerobe.2013.10.009
- Busconi, M., S. Reggi, and C. Fogher. 2008. Evaluation of biodiversity of lactic acid bacteria microbiota in the calf intestinal tracts. *Antonie van Leeuwenhoek*, 94: 145-155. doi:10.1007/s10482-008-9220-8
- Castillo, A. P. L., B. H. C. Augusto, and P. E. Pardo. 2018. Caracterización de microorganismos con potencial probiótico aislados de estiércol de terneros Brahman en Sucre, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29: 438-448. doi:10.15381/rivep.v29i2.14482
- Diario Oficial de la Unión Europea. 2019. Reglamento (UE) 2019/4 del parlamento Europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2018. Relativo a la fabricación, la comercialización y el uso de piensos medicamentosos, por el que se modifica el Reglamento (CE) n.o 183/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo y se deroga la Directiva 90/167/CEE del Consejo <https://www.boe.es/doue/2019/004/L00001-00023.pdf>. Consultada el 31 de Diciembre de 2022.
- Dowarah, R., A. K. Verma, N. Agarwal, P. Singh, and B. R. Singh. 2018. Selection and characterization of probiotic lactic acid bacteria and its impact on growth, nutrient digestibility, health and antioxidant status in weaned piglets. *PLoS One*, 13: e0192978. doi:10.1371/journal.pone.0192978
- Duarte, E. R., V. V. Araujo, V. A. C. Rodrigues, F. Guimaraes, F. H. Calixto, D. M. Soares, S. B. T. Gomes, and P. M. Soares. 2021. Selection and Molecular Identification of Lactic Acid Bacteria with Probiotic Potential from Girolando Calves Raised in a Semiarid Region. *International Journal of Agriculture & Biology*, 26: 425-430. doi:10.17957/IJAB/15.1852
- Fanaro S., R. Chierici, O. Guerrini and V. Vigi. 2003. Intestinal microflora in early infancy: composition and development. *Acta Paediatrica Supplement*, 91(441):48-55. doi:10.1111/j.1651-2227.2003.tb00646.x.
- Feist, K., S. Nagel, and J. Voigt. 1997. Microbial cultures versus germs causing diarrhea. Probiotic against calf diarrhea. *Neu Landwirtschaft*, 2: 66-68.
- Fernández, S., M. Fraga, E. Silveyra, A. N. Trombert, A. Rabaza, M. Pla, and P. Zunino. 2018. Probiotic properties of native *Lactobacillus* spp. strains for dairy calves. *Beneficial Microbes*, 9: 613-624. doi:10.3920/BM2017.0131
- Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). 2002. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. [online] London Ontario, Canada. https://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf Consultada el 23 de Septiembre de 2021.
- Frizzo, L. S., L. P. Soto, E. Bertozzi, G. Sequeira, L. E. Marti, and M. R. Rosmini. 2006. Evaluación *in vitro* de las capacidades probióticas microbianas orientadas al diseño de inóculos probióticos multiespecie para ser utilizados en la crianza de terneros. *Revista FAVE-Ciencias Veterinarias*, 5: 1-2. doi:10.14409/favecv.v5i1/2.1426
- Frizzo, L. S., E. Bertozzi, L. P. Soto, M. V. Zbrun, G. Sequeira, R. Dalla Santina, A. R. Rodriguez, and M. R. Rosmini. 2008. The Effect of Supplementation with Three Lactic Acid Bacteria from Bovine Origin on Growth Performance and Health Status of Young Calves. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7: 400-408. <https://www.researchgate.net/publication/26590160>
- Gill, D. R., R. A. Smith, and R. L. Ball. 1987. The effect of probiotics feeding on health and performance of newly arrived stoker calves. *Animal Science Research Report*, 119: 202-204. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US875667688>
- Guarner, F., G. Perdigon, G. Corthier, S. Salminen, B. Koletzko, and L. Morelli. 2005. Should yoghurt cultures be considered probiotic? *British Journal of Nutrition*, 93: 783-786. doi: 10.1079/BJN20051428
- Hernández-Peñaranda, A. 2003. *Microbiología Industrial*. Costa Rica: EUNED. <https://editorial.uned.ac.cr/book/U03142>. Consultada el 23 de Septiembre de 2021.
- Hooper, L. V., D. R. Littman, and A. J. Macpherson. 2012. Interactions between the microbiota and the immune system. *Science*, 336: 1268-1273. doi:10.1126/science.1223490
- Hill, D.A. and D. Artis. 2010. Intestinal bacteria and the regulation of immune cell homeostasis. *Annual Review Immunology*, 28: 623-667. doi:10.1146/annurev-immunol-030409-101330
- Isolauri, E., Y. Sütas, P. Kankaanpää, H. Arvilommi, and S. Salminen. 2001. Probiotics: effects on immunity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73: 444S-450S. doi:/10.1093/ajcn/73.2.444s
- Jost T., C. Lacroix, C. P. Braegger and C. Chassard. 2012. New insights in gut microbiota establishment in healthy breast-fed neonates. *PLoS One* 7:e44595. doi:10.1371/journal.pone.0044595



- Khang, Y., H. Park, Y. Jeong, J. Kim, and Y. Kim. 2009. Recombinant S-layer proteins of *Lactobacillus brevis* mediating antibody adhesion to calf intestine alleviated neonatal diarrhoea syndrome. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19: 511-9. doi:10.4014/jmb.0805.325
- Landa-Salgado P., Y. Caballero-Cervantes, E. Ramírez-Bribiesca, A. M. Hernández-Anguiano, L. M. Ramírez-Hernández, D. Espinosa-Victoria, and D. Hernández-Sánchez. 2019. Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico para becerros del altiplano mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10: 68-83. doi:10.22319/rmcp.v10i1.4512
- Maldonado, N. C., R. C. Silva, M. C. Otero, F. Sesma, and M. M. E. Nader. 2012. Lactic acid bacteria isolated from young calves - Characterization and potential as probiotics. *Research in Veterinary Science*, 92: 342-349. doi:10.1016/j.rvsc.2011.03.017
- Mathur, S. and R. Singh. 2005. Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria - a review. *International Journal of Food Microbiology*, 105: 281-295. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2005.03.008
- Morrill, J. L., J. M. Morrill, A. M. Feyerherm, and J. F. Laster. 1995. Plasma proteins and a probiotic as ingredients in milk replacer. *Journal of Dairy Science*, 78: 902-7. doi:10.3168/jds.S0022-0302(95)76704-2
- Ok, M., L. Güler, K. Turgut, Ü. Ok, I. Şen, I. K. Gündüz, M. F. Birdane, and H. Güzelbekteş. 2009. The studies on the aetiology of diarrhoea in neonatal calves and determination of virulence gene markers of *Escherichia coli* strains by multiplex PCR. *Zoonoses and Public Health*, 56: 94-101. doi:10.1111/j.1863-2378.2008.01156.x
- Oikonomou G., A.G.V. Teixeira, C. Foditsch, M. L. Bicalho, V. S. Machado and R. C. Bicalho. 2013. Fecal microbial diversity in pre-weaned dairy calves as described by pyrosequencing of metagenomic 16S rDNA. Associations of *Faecalibacterium* species with health and growth. *PLoS One* 8:e63157. doi:10.1371/journal.pone.0063157
- Olszak, T., D. An, S. Zeissig, M. P. Vera, J. Richter, A. Franke, J. N. Glickman, R. Siebert, R. M. Baron, D. L. Kasper, and R. S. Blumberg. 2012. Microbial exposure during early life has persistent effects on natural killer T cell function. *Science*, 336: 489-493. doi:10.1126/science.1219328
- Organización Mundial de la Salud. 2017. Dejemos de administrar antibióticos a animales sanos para prevenir la propagación de la resistencia a los antimicrobianos. <https://www.who.int/es/news/item/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance>, consultada el 10 de Enero de 2023.
- Pineiro, M. and C. Stanton. 2007. Probiotic Bacteria: Legislative Framework— Requirements to Evidence Basis. *The Journal of Nutrition*, 137: 850S-853S. doi:10.1093/jn/137.3.850S
- Ridwan, R., B. W. Ariga, A. W. Dwi, R. Rohmatussolihat, S. N. Fitri, R. Fidriyanto, A. Jayanegara, I. Wijayanti, and Y. Widyastuti. 2018. The use of lactic Acid Bacteria as Ruminant probiotic candidates based on *In vitro* Rumen Fermentation Characteristics. *Buletin Peternakan*, 42: 31-36. doi:10.21059/buletinpeternak.v42i1.23317
- Ripamonti, B., A. Agazzi, C. Bersani, P. De Dea, C. Pecorini, S. Pirani, R. Rebutti, G. Savoio, S. Stella, A. Stenico, E. Tirloni, and C. Domeneghini. 2011. Screening of species-specific lactic acid bacteria for veal calves multi-strain probiotic adjuncts. *Anaerobe*, 17: 97-105. doi:10.1016/j.anaerobe.2011.05.001
- Rodríguez-Palacios, H. R., T. Staempfli, and J. S. Duffield. 2009. Isolation of bovine intestinal *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici* with inhibitory activity against *Escherichia coli* O157 and F5. *Journal of Applied Microbiology*, 106: 393-401. doi:10.1111/j.1365-2672.2008.03959.x
- Rosmini, M., G. Sequeira, I. Guerrero-Legarreta, L. Martí, R. Dalla-Santina, L. Frizzo, and J. Bonazza. 2004. Producción de probióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3: 181-191. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62030203.pdf> Consultada el 25 de Septiembre de 2021.
- Roth, F. X., M., Kirshgessner, U. Eidelsburger, and B. Gedek. 1992. Nutritive effect of *Bacillus cereus* as a probiotic for veal calves. 1. Influence on growth variables, slaughter performance and microbial metabolites in the small intestine. *Agrobiological Research*, 45: 294-302.
- Ruby, J. and S. C. Ingham. 2009. Using enterobacteriaceae analysis results for predicting absence of *Salmonella* serovars on beef carcasses. *Journal of Food Protection*, 72: 260-266. doi:10.4315/0362-028x-72.2.260
- Sandes, S., L. Alvim, B. Sliva, L. Acurcio, C. Santos, M. Martí, R. Dalla-Santina, L. Frizzo, and J. Bonazza. 2004. Producción de probióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3: 181-191. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62030203.pdf> Consultada el 25 de Septiembre de 2021.
- Roth, F. X., M., Kirshgessner, U. Eidelsburger, and B. Gedek. 1992. Nutritive effect of *Bacillus cereus* as a probiotic for veal calves. 1. Influence on growth variables,

- slaughter performance and microbial metabolites in the small intestine. *Agrobiological Research*, 45: 294-302.
- Ruby, J. and S. C. Ingham. 2009. Using enterobacteriaceae analysis results for predicting absence of Salmonella serovars on beef carcasses. *Journal of Food Protection*, 72: 260-266. doi:10.4315/0362-028x-72.2.260
- Sandes, S., L. Alvim, B. Sliva, L. Acurcio, C. Santos, M. Campos, C. Santos, J. Nicoli, E. Neumann, and A. Nunes. 2017. Selection of new lactic acid bacteria strains bearing probiotic features from mucosal microbiota of healthy calves: Looking for immunobiotics through *in vitro* and *in vivo* approaches for immunoprophylaxis applications. *Microbiological Research*, 200: 1-3. doi:10.1016/j.micres.2017.03.008
- Sarker, M.S.K. S. Y. Ko, S. M. Lee, G. M. Kim, J. K. Choi and C. J. Yang. 2010. Effect of different feed additives on growth performance and blood profiles of Korean Hanwoo calves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(1): 52-60. doi:10.5713/ajas.2010.90280
- Signorini, M. L., L. P. Soto, M. V. Zbrun, G. J. Sequeira, M. R. Rosmini, and L. S. Frizzo. 2012. Impact of probiotic administration on the health and fecal microbiota of young calves: a meta-analysis of randomized controlled trials of lactic acid bacteria. *Research in Veterinary Science*, 93: 250-258. doi:10.1016/j.rvsc.2011.05.001
- Soto L. P., L. S. Frizzo, E. Bertozzi, E. Avataneo, G. J. Sequeira, and M. R. Rosmini. 2010. Molecular Microbial Analysis of Lactobacillus Strains Isolated from the Gut of Calves for Potential Probiotic Use. *Veterinary Medicine International*, 2010. doi:10.4061/2010/274987
- Strzetelski, J., R. J. Maciejewicz, K. Bilik, T. Stasiniewicz, E. Lipiarska, and K. Stecka. 1996. Effect of new yeast preparations on calf rearing, rumen fermentation and protozoa population in the rumen of young bulls. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 23: 123-141.
- Tang, L. K., N. P. Caffrey, D. B. Nóbrega, S. C. Cork, P. E. Ronksley, P.H.W. Barkema, A. J. Polachek, H. Ganshorn, N. Sharma, J. D. Keller and W. A. Ghali. 2017. Restricting the use of antibiotics in food-producing animals and its associations with antibiotic resistance in food-producing animals and human beings: a systematic review and meta-analysis. *THE LANCET Planetary Health*, 1(8):E316-E327. doi:10.1016/S2542-5196(17)30141-9
- Timmerman, H. M., L. Mulder, H. Everts, D. C. van Espen, E. van der Wal, G. Klaassen, S. M. G. Rouwers, R. Hartemink, F. M. Rombouts, and A. C. Beynen. 2005. Health and Growth of Veal Calves Fed Milk Replacers With or Without Probiotics. *Journal of Dairy Science*, 88: 2154-2165. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72891-5
- Tremaroli, V. and F. Bäckhed. 2012. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature*, 489:242-249. doi: /10.1038/nature11552
- Turroni F., C. Peano, D. A. Pass, E. Foroni, M. Severgnini, M. J. Claesson, C. Kerr, J. Hourihane, D. Murray, F. Fuilgni, M. Gueimonde, A. Margolles, G. De Bellis, P. W. O'Toole, D. van Sinderen, J. R. Marchesi and M. Ventura. 2012. Diversity of Bifidobacteria within the infant gut microbiota. *PLoS One*, 7(5):e36957. doi:10.1371/journal.pone.0036957
- Uyeno Y., Y. Sekiguchi and Y. Kamagata. 2010. rRNA-based analysis to monitor succession of faecal bacterial communities in Holstein calves. *Letters in Applied Microbiology*, 51(5):570-577. doi:10.1111/j.1472-765X.2010.02937.x.
- Uyeno, Y., S. Shigemori, and T. Shimosato. 2015. Effect of probiotics/prebiotics on Cattle Health and Productivity. *Microbes and Environments*, 30: 126-32. doi:10.1264/jsme2.ME14176
- Vamanu, E., A. Vamanu, O. Popa, T. Vassu, R. Ghindea, D. Pelinescu, S. Nita, and N. Babeanu. 2008. Effect of the yeast and bacteria biomass on the microbiota in the rumen. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11: 2217-2223. doi:10.3923/pjbs.2008.2217.2223
- Ventura, B. A., M. A. G. Von Keyserlingk, C. A. Schuppli, and D. M. Weary. 2013. Views on contentious practices in dairy farming: the case of early cow-calf separation. *Journal of Dairy Science*, 96: 6105-6116. doi:10.3168/jds.2012-6040
- Weimer, P. J. 2015. Redundancy, resilience, and host specificity of the ruminal microbiota: implications for engineering improved ruminal fermentations. *Frontiers in microbiology*, 6: 296. doi:10.3389/fmicb.2015.00296
- Zamora, L. 2003. Aislamiento y conservación de cultivos de bacterias lácticas antagonistas de microbiota contaminante de sangre de matadero. Ph. D. Universitat de Girona. <https://www.tdx.cat/handle/10803/7925#page=1> Consultada el 28 de Septiembre de 2021.
- Zhang, R., M. Zhou, Y. Tu, N. F. Zhang, K. D. Deng, T. Ma and Q. Y. Diao. 2016. Effect of oral administration of probiotics on growth performance, apparent nutrient digestibility and stress-related indicators in Holstein calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*, 100 (1): 33-38. doi:10.1111/jpn.12338



Zhu, Y., J. Liu, J. M. Lopez, and D. A. Mills. 2020. Inulin fermentation by lactobacilli and bifidobacteria from dairy calves. *Applied and Environmental Microbiology*, 87: e01738-20.
doi: 10.1128/AEM.01738-20.

