



## El microbioma: probióticos, prebióticos y simbióticos como parte de la salud integral de perros y gatos

MVZ Alma A. Gómez Pulido

 0009-0006-5875-8932

Universidad Nacional Autónoma de México.  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
CDMX, México.

\* **Autora para correspondencia:**  
Correo electrónico:  
[mvz.almagomezpulido@gmail.com](mailto:mvz.almagomezpulido@gmail.com)

### Resumen

Los microorganismos, que habitan en el tracto gastrointestinal de los animales se conocen como microbiota y junto con el genoma conforman el microbioma. Al microbioma se le responsabiliza de tener procesos fisiológicos vitales para la salud del hospedador que abarca metabolismo, homeostasis, salud gastrointestinal, actividad inmunológica y desarrollo neurológico. Estos microorganismos comprenden bacterias, arqueas, hongos, protozoarios y virus, se localizan en el estómago, donde *Helicobacter* spp. representa casi el total de la microbiota bacteriana. El intestino delgado contiene la microbiota más diversa, incluye filos bacterianos como Bacteroidetes y Firmicutes, y el intestino grueso contiene al grupo más abundante y diverso, el más importante metabólicamente. Los probióticos son microorganismos vivos que administrados de manera y en cantidades adecuadas benefician al hospedador. Los prebióticos son ingredientes fermentados seleccionados que cambian la composición y la actividad del microbioma, son metabolizados por los probióticos y producen ácidos grasos de cadena corta como el ácido acético, propiónico y butírico, algunos de estos constituyen la pared vegetal (fibra), inulina, polisacáridos no amiláceos, de algunos cereales, algas, disacáridos (lactulosa) y fructooligosacáridos. Con la participación de los prebióticos y su combinación, es decir, los simbióticos, se busca mejorar la salud del microbioma gastrointestinal de perros y gatos.

**Palabras clave:** Bienestar; Animales de compañía; Una salud; Complementación terapéutica; Equilibrio.

Recibido: 2023-06-23

Aceptado: 2023-11-09

Publicado: 2023-11-29

Información y declaraciones adicionales  
en la página 15

 Derechos de autor:

Alma A. Gómez Pulido et al. 2023

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

### Una forma de citar este artículo:

Gómez Pulido AA. El microbioma: probióticos, prebióticos y simbióticos como parte de la salud integral de perros y gatos. *Clínica veterinaria: abordaje diagnóstico y terapéutico*. 2023;9:e962023103. doi: 10.22201/fmvz23958766e.2023.9.103.

# Microbiome: probiotics, prebiotics, and symbiotics as part of the comprehensive health of dogs and cats

## Abstract

Microorganisms are inhabitants of the gastrointestinal tract in animals which are known as microbiota, along with their genome, they make up the microbiome. The microbiome is responsible for having vital physiological processes in the host's health, comprising metabolism, homeostasis, gastrointestinal health, immunological activity and neurological development. These microorganisms include bacteria, archaea, protists and viruses, and are located in the stomach where *Helicobacter* spp. represents almost the entire bacterial microbiota, in the small intestine which contains the widest variety, including bacterial phyla, such as Bacteroidetes and Firmicutes, and within the large intestine which contains the most abundant and diverse group, also metabolically the most important one. Probiotics are live microorganisms which, when adequately and quantitatively administered, are beneficial for the host. Prebiotics are fermented selected ingredients which change the microbiome composition and activity; they are metabolized by the probiotics and produce short-chain fatty acids, such as acetic, propionic and butyric acids; some of these make up the vegetal wall (fiber), inulin, non-starch polysaccharides of some cereals, algae, disaccharides (lactulose) and fructooligosaccharides. With the addition of prebiotics and their combinations, i.e., symbiotics, it is sought to improve gastrointestinal microbiome health in dogs and cats.

**Keywords:** Welfare; Animal companion; One health; Therapeutic supplementation; Balance.

---

## Introducción

El tracto gastrointestinal de los mamíferos contiene una de las comunidades de microorganismos más intrincada y diversa de la biosfera, aunque las bacterias son las más abundantes.<sup>(1)</sup> Se calcula que en el ser humano hay cien trillones de microorganismos con más de once millones de genes y la mayoría habita en el tracto gastrointestinal.<sup>(2)</sup> Entre las estrategias para manipular la microbiota está la adición de probióticos, prebióticos y simbióticos. La microbiota de perros y gatos se ha estudiado *in vitro* desde los años noventa y entre otros temas, se ha evaluado el patrón de fermentación fecal después de la adición de un prebiótico.<sup>(3)</sup> Ahora bien, según la Asociación Científica Internacional para Probióticos y Prebióticos (ISAPP, por sus siglas en inglés), por definición, los probióticos son “microorganismos vivos que administrados de manera y en cantidades adecuadas confieren beneficios al hospedador”. En esencia, los probióticos son microorganismos benéficos y viables, mientras a los microorganismos comensales, no se les ha aislado ni se les ha comprobado beneficio alguno. Los probióticos van desde cultivos vivos de ingesta oral hasta trasplantes de microbiota fecal.<sup>(4)</sup>

De los prebióticos, la ISAPP los define como sustratos usados selectivamente por los microorganismos del hospedador. Aunque la mayoría se administran vía oral, también se pueden aplicar en otras zonas: vía vaginal o en la piel. Sus efectos benéficos incluyen la inhibición de agentes patógenos, la estimulación del sistema inmune y del cardiometabolismo, porque 1) reducen los lípidos mediante la producción de metabolitos que además influyen en las funciones mentales y 2) promueven la biodisponibilidad de minerales para el sistema óseo.<sup>(5)</sup>

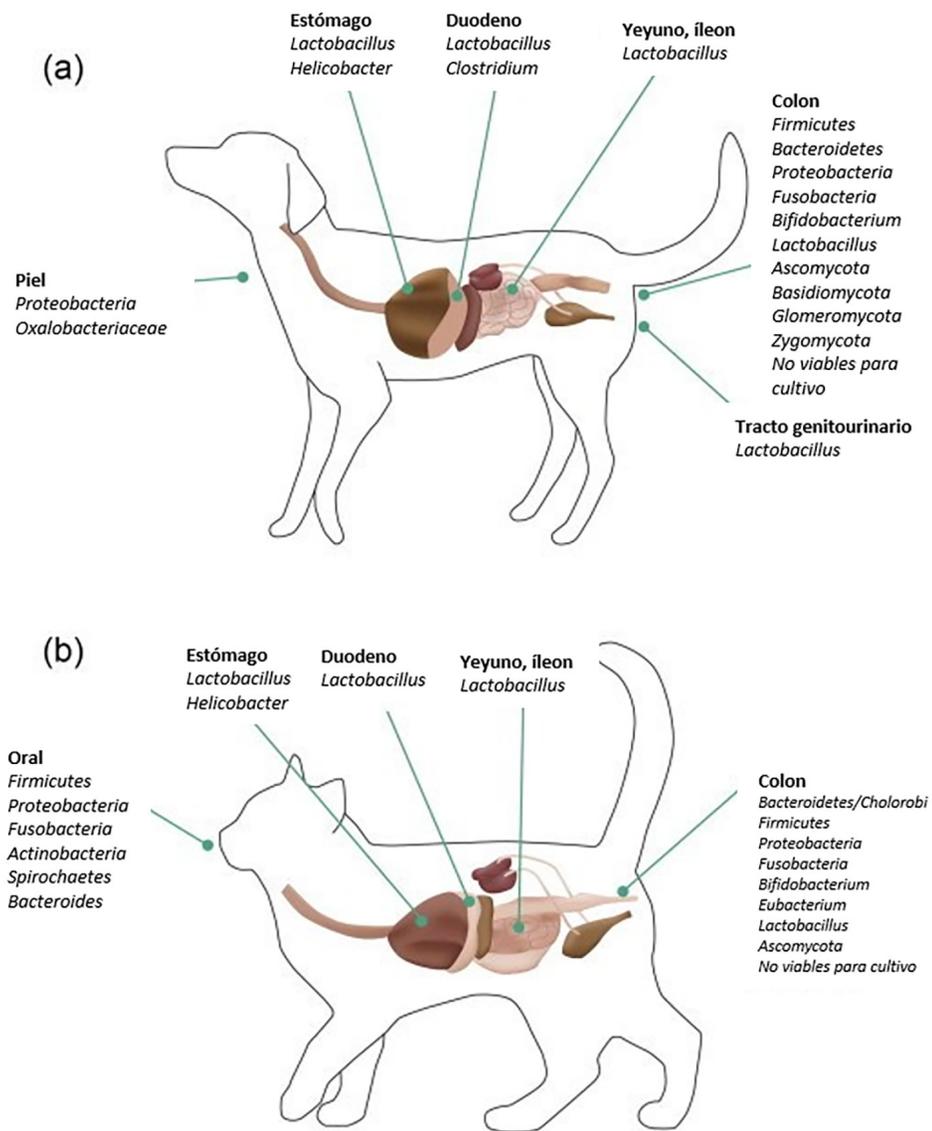
Finalmente, un simbiótico es una mezcla que comprende microorganismos vivos y sustrato(s) utilizados selectivamente por los microorganismos del hospedador en beneficio de la salud de este último.<sup>(6)</sup> Esta revisión de la literatura tiene como objetivo situar a la manipulación benéfica del microbioma como complemento o parte esencial de la terapéutica actual enfocada en mejorar la salud integral de perros y gatos, ya sea en el tratamiento para estatificar o como indicador de prognosis y de progresión.

## Discusión

### Microbioma y su evolución

La cantidad de microorganismos en el tracto gastrointestinal (TGI) de perros y gatos tiene ligeras diferencias, sin embargo, al igual que en el humano es mayor en el intestino grueso que en el estómago y el intestino delgado. En todo el TGI la población bacteriana va de  $10^2$ - $10^{14}$  unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de contenido luminal. En el estómago, *Helicobacter* spp. representa hasta un 98% de la microbiota bacteriana. Como se esquematiza en la [Figura 1](#), según la metagenómica, estos son los filos bacterianos más encontrados en la microbiota fecal de perros y gatos.<sup>(2)</sup>

No siempre se encontrarán las mismas especies, ya que el microbioma se ve influenciado por muchos factores, la dieta es uno de los más importantes; así como la edad, las enfermedades metabólicas, por ejemplo, obesidad y diabetes; la disbiosis intestinal: diarreas y enteritis; cáncer y, no menos importante, la influencia antropogénica, como se muestra en la [Figura 2](#).<sup>(1)</sup>



**Figura 1.** Principales filos y familias a lo largo del tracto gastrointestinal y de la piel del perro y el gato. Traducido de Hernández et al.<sup>(2)</sup>

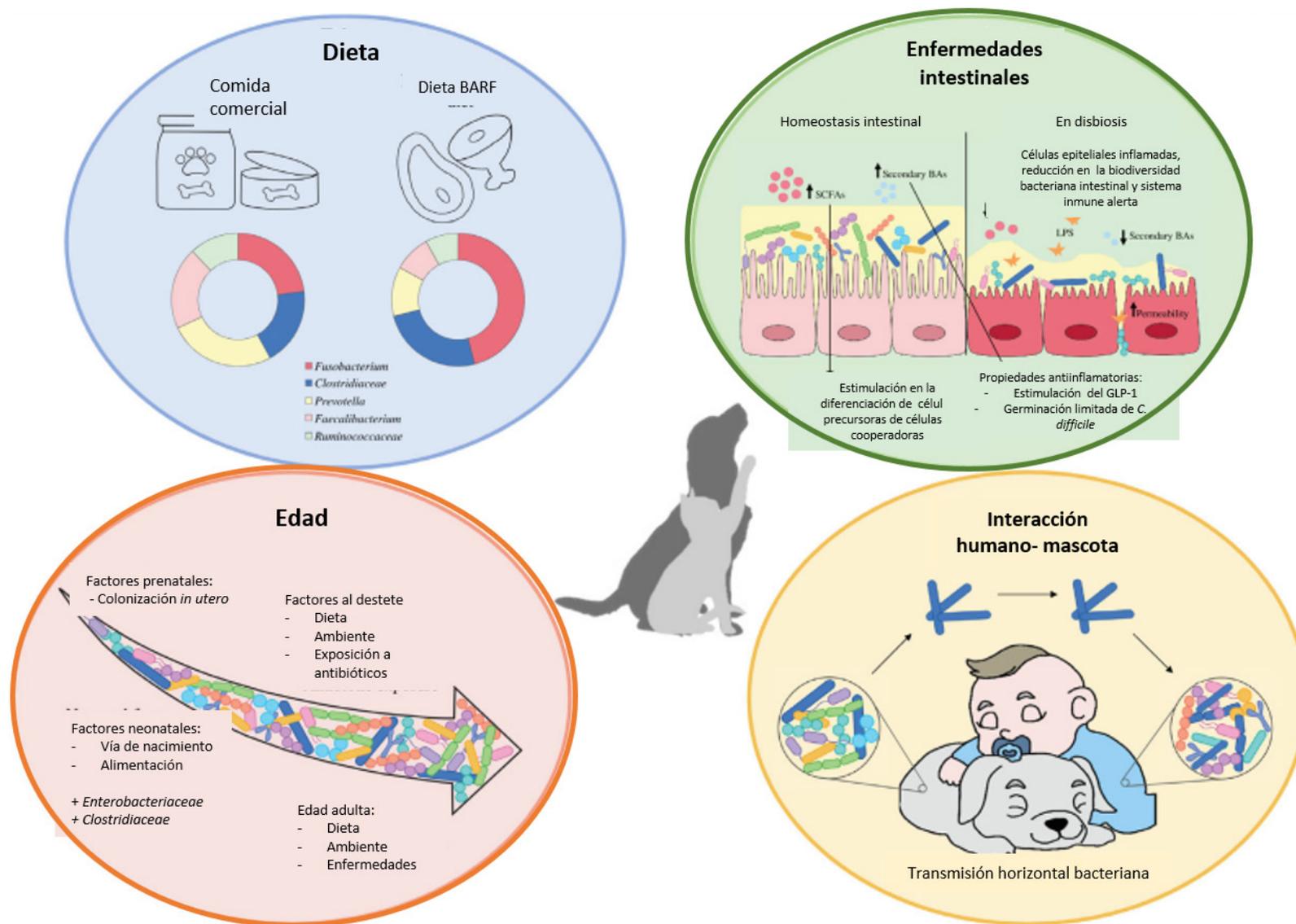


Figura 2. Principales factores de influencia en la microbiota gastrointestinal de gatos y perros. Traducido de Alessandri, et al.(1)

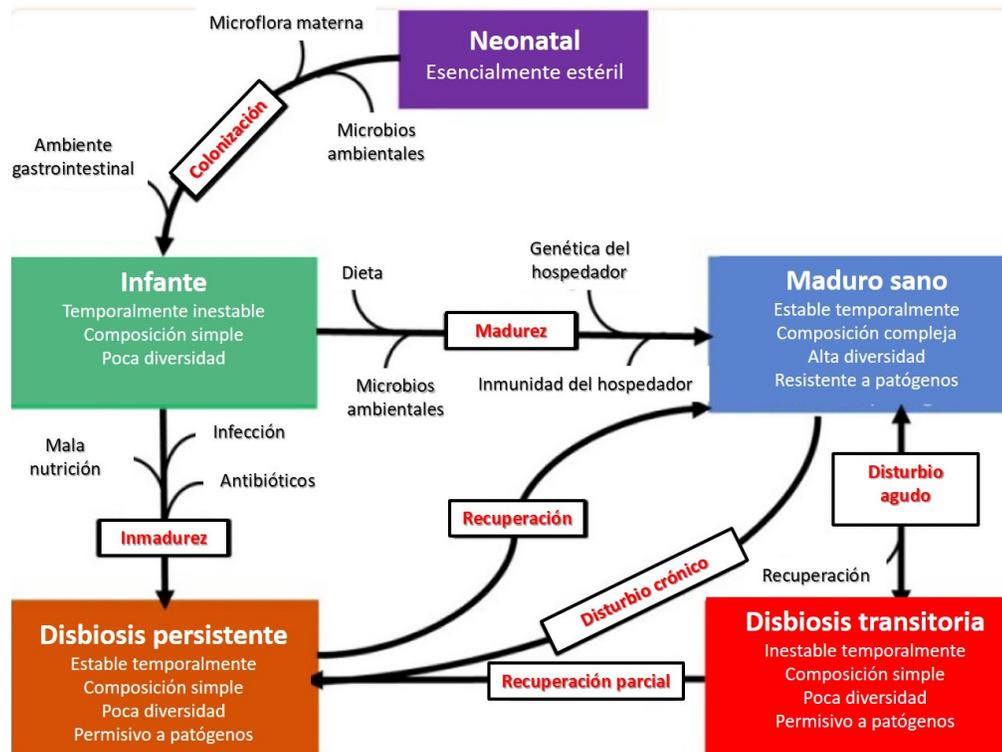


Figura 3. Factores del desarrollo y la maduración del microbioma, y su efecto en la disbiosis. Traducido de Barko, et al.<sup>(7)</sup>

Anteriormente se creía que la microbiota se asentaba después del nacimiento, no obstante, desde 2014 se ha observado que ya existe en el útero y la placenta y se reconoce que en el nacimiento y las horas subsecuentes se da el primer pico poblacional de microorganismos. Este establecimiento de la microbiota y su diversidad taxonómica dependen de la vía de nacimiento, la ingesta y cantidad de calostro, el tipo de lactación, la exposición a antibióticos, las condiciones ambientales, entre otras. El género *Bifidobacterium* es de los primeros colonizadores de la microbiota de perros y gatos, el cual va disminuyendo con la edad, similar a los *Lactobacillus* en la leche materna.<sup>(7)</sup>

El microbioma gastrointestinal es un órgano funcional y sus cambios son individualizados según los factores antes mencionados. Los efectos sobre la función inmune y en la regulación de la producción local de anticuerpos permiten entender que cuando el microbioma sufre ataques, el individuo se verá afectado en el progreso de la enfermedad. Entre los ataques a la microbiota está la disbiosis, que se define como cambios en la composición del microbioma gastrointestinal que modifican su función y se caracteriza por un incremento de bacterias anaeróbicas facultativas de la familia Enterobacteriaceae como se esquematiza en la Figura 3.<sup>(7)</sup>

### Probióticos

Los probióticos, para ser considerados como tales, son especies bacterianas con un nivel de  $1 \times 10^9$  UFC por porción y son *Bifidobacterium* (*adolescentis*, *animalis*, *bifidum*, *breve* y *longum*), *Lactobacillus* (*acidophilus*, *casei*, *fermentum*, *gasseri*, *johnsonii*, *paracasei*, *plantarum*, *rhamnosus* y *salivarius*)<sup>(4)</sup> y *Enterococcus*. Estos microorganismos cambian al microbioma residente por la estimulación de creci-



**Figura 4.** Distribución de los efectos en la mayoría de los géneros observados, algunas especies y cepas específicas. Traducido de Hill, et al.<sup>(4)</sup>

miento de estas bacterias ya establecidas a través de interacciones metabólicas que alteran la abundancia de bacterias patógenas e indirectamente por la interacción con el epitelio intestinal y el sistema inmune epitelial.<sup>(8)</sup> Los beneficios de la administración de probióticos, que aún se siguen investigando, han mostrado que usando varios de los géneros, los efectos benéficos con más incidencia son la producción de ácidos grasos de cadena corta, evitar la colonización de bacterias patógenas al competir con ellas, regular el tránsito gastrointestinal, estimular la regeneración de enterocitos, entre otras que se detallan en la **Figura 4**. Los efectos frecuentes de los probióticos son la síntesis de vitaminas, el reforzamiento de la barrera epitelial, la actividad enzimática y hasta la neutralización de carcinógenos. Otros efectos a nivel luminal y extraluminal menos comunes y en cepas específicas son neurológicos, inmunológicos, endócrinos y la producción de especies bioactivas.<sup>(4)</sup>

Algunos mecanismos propuestos para explicar estos beneficios son la reducción de la permeabilidad intestinal al mejorar la regulación de las proteínas *tight junction*, el incremento de mucina por las células caliciformes, el incremento en la secreción de defensinas que previenen la colonización de patógenos mediante la secreción de ácidos grasos de cadena corta, la estimulación de secreción de IGA, la reducción del pH luminal, entre otros.<sup>(8)</sup>

### Prebióticos

Los prebióticos se definen como un ingrediente comestible no digerible que altera de forma benéfica al hospedador, que a su vez estimulan el crecimiento selectivo de bacterias y la actividad de una o varias bacterias en el colon, y de esta manera mejora la salud del hospedador. Es decir, la microbiota intestinal metaboliza los prebióticos, especialmente en el intestino grueso. Para 2022, el panorama ya era más amplio, pues estos ingredientes no digeribles son cualquier sustancia que el

Nombre	Composición química	Proceso de producción
Inulina	Fructanos $\beta(2-1)$ con una glucosa terminal	Extracción a partir de raíz de achicoria, alcachofa, plátano y trigo
Oligofructosa (fructo oligosacárido de cadena larga)	Fructanos $\beta(2-1)$	Síntesis enzimática ( $\beta$ -fructosidasa) a partir de sacarosa o parcialmente enzimática o hidrólisis química a partir de inulina
Fructo oligosacáridos de cadena corta	Fructanos $\beta(2-1)$	Síntesis enzimática ( $\beta$ -fructosidasa) a partir de sacarosa o parcialmente enzimática o hidrólisis química a partir de inulina
Galacto oligosacáridos (oligogalactosa)	Cadenas de galactosa con glucosa	Síntesis enzimática ( $\beta$ -galactosidasa) a partir de lactosa
Oligosacáridos de soya	Principalmente galactosa con presencia de manosa, glucosa, fructosa, arabinosa y xilosa	Extracción a partir de frijol de soya
Xilo oligosacáridos	$\beta(1-4)$ con unión de xilosa	Hidrólisis enzimática parcial de polímeros polixilanos de verduras y frutas.
Lactitol	Galactopiranosil-D-glucitol 4-O- $\beta$ -D	Hidrogenación de la lactosa
Lactulosa	Galactosa y fructosa	Isomerización de la lactosa

Figura 5. Prebióticos con su composición química y proceso de producción. Traducido de Pinna y Biagi.<sup>(11)</sup>

microbioma del TGI puede fermentar: carbohidratos, proteínas, aminoácidos, grasas y polifenoles. Así, los prebióticos se definen como ingredientes seleccionados fermentados que cambian la composición y la actividad del microbioma, es decir, la modificación en el funcionamiento beneficia el estado y la salud del hospedador.<sup>(8)</sup> Esta definición expande el concepto, porque no solo incluye carbohidratos, sino otros elementos comestibles, y es posible aplicar los prebióticos en otros sitios corporales, aparte del TGI. Estas sustancias no digeribles son metabolizadas por la microbiota intestinal produciendo ácidos grasos de cadena corta como el ácido acético, el propiónico y el butírico, los cuales proveen de nutrientes esenciales al epitelio entérico.<sup>(3, 7)</sup>

La mayoría de los prebióticos proviene de integrantes de la pared vegetal o de carbohidratos estructurales de plantas, entre ellos, los carbohidratos complejos que incluyen dos o más azúcares como los oligosacáridos, polisacáridos, fructooligosacáridos y galactooligosacáridos, polisacáridos no amiláceos de algunos cereales, algas, disacáridos (lactulosa), povidexosa e inulina. Algunas fuentes de estos son la pulpa de remolacha, el maíz, la fruta, la avena y la fibra de cebada como se precisa en la Figura 5. Asimismo, como alimento prebiótico para perros, se está tomando en cuenta la adición de la fibra del esqueleto quitinoso de los insectos, los ácidos grasos<sup>(8)</sup> y el extracto de ginseng rojo —que también ha demostrado alterar benéficamente la microbiota gastrointestinal.<sup>(9)</sup> A continuación se muestra una lista de oligosacáridos no digeribles que se pueden emplear en la elaboración de alimentos con potencial prebiótico para perros y gatos.<sup>(10)</sup>

Los mecanismos por los cuales los oligosacáridos benefician al hospedador es que inducen células T reguladoras antiinflamatorias, reducen el pH luminal, lo cual previene el establecimiento de patógenos. A su vez, incrementan la barrera mucosa intraluminal, promueven la elongación de las microvellosidades, incrementan las células epiteliales y previenen la adherencia de cepas patógenas al epitelio.<sup>(8)</sup> Los beneficios netos de la administración de prebióticos al TGI también se extien-

Especie Animal	Anatomía del tracto gastrointestinal	Prebiótico usado	Resultados
Perro	Tracto gastrointestinal corto y simple con fermentación colónica	* Fructo-oligosacárido de cadena corta (perros obesos) * Fructo-oligosacárido de cadena corta y manano-oligosacáridos	* Mejor respuesta a la insulina * Reducción de infección por patógenos
Gato	Tracto gastrointestinal corto y simple con limitada fermentación colónica	Fructanos y galactanos	Incremento en niveles de ácidos orgánicos, aumento de bifidobacteria, modulación de glucosa y metabolismo de aminoácidos
Lechón	Fermentación cecal y colónica	Polisacáridos de soya, Fructo-oligosacárido, chito-oligosacáridos, y manano-oligosacáridos.	Disminución de la carga patógena, mejor crecimiento
Vaquillas antes del destete	Pre rumiante	Celo-oligosacáridos, galactosil-lactosa, extractos de células de pared de levaduras y manano-oligosacáridos	Disminución de la carga patógena(en tracto gastrointestinal y pulmones), mejor ganancia de peso
Aves para consumo	Intestino medio corto, intestino posterior incluye un colon corto y recto con ciegos gemelos	Inulina, extractos de células de pared de levaduras, lactulosa y galacto-oligosacáridos	Mejor crecimiento, reducción de infecciones, mejora en la densidad ósea y calidad del huevo
Peces	Tracto gastrointestinal corto y simple	Fructo-oligosacárido, galacto-oligosacáridos y manano-oligosacáridos	Mejor tasa de supervivencia, tasa de crecimiento, resistencia a patógenos.
Caballos	Fermentación colónica sustancial, ciego grande y colon.	* Productos de la fermentación de células de levaduras y Fructo-oligosacárido de cadena corta * Fructo-oligosacárido de cadena corta (caballos obesos)	* Mayor digestibilidad de nutrientes: reducción en el pH fecal, fluctuación en la producción de ácidos grasos de cadena corta *Mejor sensibilidad de glucosa

Figura 6. Uso de prebióticos en animales según sus características. Traducido de Gibson, et al.<sup>(5)</sup>

den al resto del cuerpo. Por ejemplo, en ratones se redujo la obesidad, la esteatosis hepática y la diabetes por medio de la dieta. En la piel, los prebióticos generan cambios bacterianos y fúngicos a través del receptor de crecimiento epidérmico, que beneficia a la dermatitis y la resolución de heridas.<sup>(6)</sup> La misma ISAPP reconoce el potencial de los prebióticos para el uso en animales considerando las diferencias anatómicas, fisiológicas, del medio ambiente y la composición de la ración, como se observa en la Figura 6.<sup>(5)</sup>

### Simbióticos

Los simbióticos son una mezcla que comprende microorganismos vivos y sustrato(s) selectivamente utilizados por los microorganismos del hospedador que beneficia la salud de éste. Sin embargo, esta definición limita la innovación de aquellos que se han diseñado para funcionar cooperativamente. Es decir, que ahora se tienen dos tipos de simbióticos: los complementarios, que contienen uno o varios probióticos y uno o varios prebióticos, pero no han sido diseñados para realizar una función cooperativa; y los sinérgicos, que contienen sustratos específicos para ser utilizados por los microorganismos contenidos. Se esquematizan en la Figura 7. Ambos simbióticos se aprueban para la especie destino a quien le aportarán beneficios a su salud.<sup>(6)</sup>

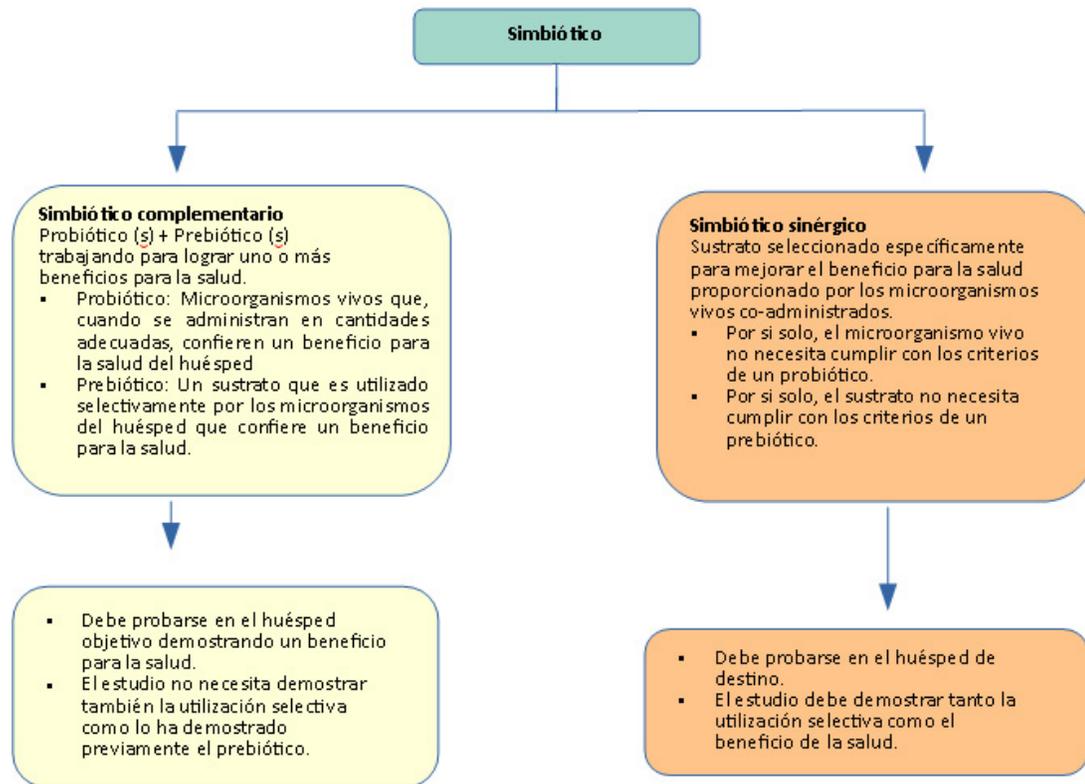


Figura 7. Diferencias entre las categorías de simbióticos. Traducido de Swanson, et al.<sup>(6)</sup>

### Manipulación del microbioma

Para algunos problemas de salud de perros y gatos, se están empleando probióticos, prebióticos o simbióticos como parte del tratamiento.<sup>(8)</sup>

### Enteropatías inflamatorias

Estos trastornos representan una preocupación a nivel mundial en la población humana. Aunque es menor la investigación disponible en animales, se administran en perros por factores genéticos y ambientales. Se vinculan con respuestas inmunes anómalas y desequilibrios en la microbiota intestinal.<sup>(1)</sup> El impacto de la adición de probióticos multicepa en perros diagnosticados con enfermedad inflamatoria intestinal sugiere que ayudan a la remisión del padecimiento.<sup>(8)</sup> Esto se asoció con el aumento en la producción de ácidos grasos de cadena corta que proveen nutrientes a los colonocitos, lo cual promueve la integridad intestinal. Ahora bien, en muestras fecales de pacientes tratados, se incrementó el butirato, el cual actúa como antiinflamatorio, lo que reduce la permeabilidad intestinal.<sup>(2)</sup>

Scarsella et al. estudiaron la relación entre el microbioma de la sangre, que se consideraba un ambiente estéril, y el del tracto gastrointestinal de perros sanos y de aquellos con algún padecimiento gástrico. Estos investigadores señalan que, en medicina humana, la colonización de la sangre es un proceso natural, no solo por infección. Entonces, su hipótesis es que el origen de estos microorganismos es la atopobiosis o traslocación de microorganismos desde su ubicación original, ya sea por medio de: 1) las células dendríticas en el epitelio, 2) por una barrera epitelial

dañada o inflamada, que puede tomar lugar en un intestino permeable o en una cavidad oral dañada —ambos lugares contienen una amplia población bacteriana— o 3) por medio de células secretoras de moco del intestino en las placas de Peyer. Así, la mayor diversidad bacteriana (95 géneros) fue de la sangre de los enfermos; mientras que sus heces contuvieron 43 géneros microbianos, y 32, compartidos con individuos sanos. Los individuos sanos contuvieron 23 géneros en sangre y 47, en heces; solo 11 en común. Debido a esto, se puede considerar una relación en la cronicidad de enteropatías como intestino permeable o enfermedad inflamatoria intestinal y el microbioma sanguíneo, lo que abre la puerta para volverse una herramienta diagnóstica, en principio, en patologías gastrointestinales.<sup>(11)</sup>

### Obesidad

A la par de la población humana, perros y gatos han experimentado un desbalance entre el aporte de energía y su gasto, lo cual produce sobrepeso y obesidad. Estos marcan el panorama para todo un espectro de comorbilidades como osteoartritis, diabetes *mellitus*, enfermedad cardiovascular, entre otros.<sup>(1)</sup> En perros obesos, los filos Actinobacteria y Fusobacteria (*Fusobacterium mortiferum* y *Fusobacterium perfoetens*) y el género *Rosebudia* son los más abundantes al compararse con perros magros. Al contrario, aquellos microorganismos identificados como productores de ácidos grasos de cadena corta disminuyeron como los del género *Blautia* y *Eubacterium*, y la familia Lachnospiraceae. Además, hay menos metabolitos con acción antiinflamatoria como el ácido linoléico, el ácido ferúlico y el ácido colneléico, que contribuyen a la inflamación subclínica y al estrés oxidativo característico de la obesidad.<sup>(2)</sup>

La investigación en gatos no es tan prolífica, sin embargo, los gatos obesos tienen menor proporción de Bacteroidetes que los gatos sanos. Estos cambios también están en gatos con moderada y severa obesidad, esto indica que el cambio de microbioma empieza antes de que la obesidad sea clínicamente relevante.<sup>(7)</sup> A perros obesos, se les dio exclusivamente dieta comercial seca alta en proteína y alta en fibra, y los niveles de *Megamonas* y *Ruminococcaceae* (productores de ácido acético y propiónico) fueron menores conforme perdieron peso. Entonces, si se tiene un microbioma gastrointestinal que favorece la producción de ácidos grasos de cadena corta, afecta de forma negativa la pérdida de peso; es decir, el microbioma y sus metabolitos están relacionados con la pérdida de peso.<sup>(12)</sup>

Un cambio de régimen alimenticio es el tratamiento para el sobrepeso y la obesidad canina y felina, que aunado a la inclusión de prebióticos, mejora los resultados y la salud de los pacientes. La adición de fructooligosacáridos comprobó aumentar la diversidad de la microbiota y la actividad fermentativa. De esta manera, el aumento de butirato en perros que recibieron fructanos como inulina, experimentaron un crecimiento de *Eubacterium* y *Turibacter*, lo cual contribuyó a una mejor resolución.<sup>(12)</sup>

### Diabetes mellitus

La diabetes *mellitus* es un padecimiento que va en aumento en la población de perros y gatos; en perros predomina la diabetes *mellitus* tipo I, en gatos la tipo II. Los perros y gatos con este padecimiento presentan alteraciones en la composición microbiana intestinal, caracterizada por un decremento en su diversidad y la

pérdida de bacterias productoras de butirato que actuarían regulando niveles de hormonas intestinales inflamatorias como el péptido parecido al glucagón (GLP-1) responsable de la secreción de insulina en las células  $\beta$  del páncreas.<sup>(8, 2)</sup> Otros cambios que acompañan esta patología, aparte de la disbiosis, son los niveles alterados de ácidos biliares en perros con diabetes *mellitus* insulino dependiente, específicamente incrementaron los ácidos biliares no conjugados en heces.<sup>(1)</sup>

Las bacterias de la familia Enterobacteriaceae son también más abundantes en perros diabéticos en comparación con perros sanos, por lo tanto, la relación entre el microbioma y la incidencia de esta enfermedad se aclara, y su manejo se vislumbra que puede acompañarse con probióticos, prebióticos o simbióticos.<sup>(1)</sup> En humanos, si en el periodo crítico neonatal no se desarrolló un buen mutualismo entre el hospedador y el microbioma, los individuos susceptibles genéticamente a desarrollar diabetes *mellitus* tipo 1 tendrán más posibilidades de manifestar la enfermedad. Al igual que en otros padecimientos, la reducción de la respuesta inflamatoria, el estrés oxidativo y el incremento de proteínas de adhesión que reducen la permeabilidad intestinal son mecanismos implicados en un aumento en la sensibilidad a la insulina y en una reducción de la respuesta autoinmune.<sup>(8)</sup>

### Alergias

Las alergias son en esencia un padecimiento inmune en el cual la inflamación es la respuesta primaria, y ante ésta, se ha comprobado que el microbioma intestinal tiene acción tanto proinflamatoria como antiinflamatoria dependiendo de los microorganismos involucrados. Cuando se adicionaron probióticos a la dieta de perros, se incrementaron las concentraciones de acetato y butirato, se redujo el amoníaco y mejoró la respuesta antigénica.<sup>(8)</sup> Ahora bien, al adicionar prebióticos, se indujo la producción de propionato, que parece inducir la producción de células t reguladoras en el sistema inmune periférico.<sup>(7)</sup>

En dermatitis atópica, se ha comprobado una mejoría y prevención de signos en individuos genéticamente predispuestos; para ello, el microorganismo utilizado fue *Lactobacillus rhamnosus*. Los cachorros a los que a temprana edad se les administró esta bacteria redujeron los indicadores inmunológicos de dermatitis atópica con un decremento de ige de especificidad alérgica los primeros seis meses de vida; los efectos benéficos continuaron hasta por tres años después de discontinuar la ingesta del probiótico.<sup>(13)</sup> Koji Sugita et al. también observaron los beneficios, los signos y escala de prurito de esta patología, se conservaron hasta 56 días después de realizar trasplante fecal vía oral a dosis única en perros que padecían dermatitis atópica de leve a moderada. Estos investigadores consideraron que la reducción en los géneros *Fusobacterium* y *Sutterella* habían jugado un papel importante en el resultado.<sup>(14)</sup>

### Disfunciones neurológicas

El eje microbiota-TGI-cerebro actualmente es un área de vasta investigación. La comunicación entre estos componentes se lleva a cabo por vías endócrinas, inmunológicas, humorales y nerviosas con especial atención al nervio vago. Los perros no agresivos tienen más proteobacterias y fusobacterias, mientras que los agresivos tienen más de la familia Lactobacillaceae, género *Lactobacillus*.<sup>(1)</sup> Respecto a la

retención de memoria a corto plazo, en un comparativo entre perros de diferentes edades, los de mayor edad tuvieron más errores, en ellos, la proporción de fusobacterias fue menor que la de aquellos con menos errores. También en los perros de mayor edad fue menor la cantidad de actinobacterias en las muestras fecales obtenidas después del reto cognitivo.

Comparativamente, los niveles de estas bacterias coinciden con los obtenidos en humanos. Aquellos individuos con Alzheimer abundaron en actinobacterias. Al tomar en cuenta la relación entre el sistema nervioso entérico, el TGI y el sistema nervioso central, se explica cómo la microbiota afecta el comportamiento a través de la producción de metabolitos. *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, entre otros, producen neurotransmisores u otras moléculas como ácido  $\gamma$ -aminobutírico; derivados de aminoácidos como serotonina, melatonina e histamina; derivados de ácidos grasos como acetilcolina; o catecolaminas que incluyen dopamina y norepinefrina. Para Kubinyi et al., los suplementos nutricionales pueden mejorar algunos de los signos de detrimento cognitivo relacionados con la edad.<sup>(15)</sup>

### Enfermedad periodontal

La enfermedad periodontal (EP) es una patología común en perros de compañía con una prevalencia de hasta el 80%. Es de suma importancia ya que la cavidad oral es el segundo reservorio más abundante de microorganismos y el principio del tracto gastrointestinal. El equilibrio del microbioma oral contribuye, tanto a la prevención, como a la lenta progresión de la ep en sus diferentes grados.<sup>(16)</sup> Al analizar la composición bacteriana de perros sanos y con EP en diferentes grados, Niemiec BA et al. determinaron que solo los individuos con EP más severa tenían *Christensenellaceae* sp., *Bacteroidales* sp., *Family XIII* sp., *Methanobrevibacter oralis*, *Peptostreptococcus canis* y *Tannerella* sp., con un aumento significativo de *Porphyromonas gulae* en comparación con individuos menos afectados. Específicamente, en aquellos clínicamente sanos se identificaron *Bibersteinia* sp., *Burkholderiaceae* sp., *Euzebya* sp., y *N. animaloris*, que podrían desarrollarse como marcadores de salud oral.<sup>(17)</sup> El abordaje para combatir este padecimiento ha sido la limpieza mecánica y la antibioterapia con un efecto temporal, sin embargo, se busca incluir a los probióticos como parte de la estrategia para disminuir el uso de antibióticos y tener una remisión más amplia.<sup>(18)</sup>

Entre los posibles mecanismos por los cuales la homeostasis del microbioma oral beneficia la salud están los efectos en la inmunidad local, la regulación de la permeabilidad de la mucosa oral, la colonización de bacterias no formadoras de placa, la competencia de sustratos disponibles, la producción de posbióticos (metabolitos de los probióticos) inhibidores de bacterias patógenas y su probable acción inhibitoria en la formación de biofilm.<sup>(19)</sup> Ante esta problemática, se ha propuesto, al menos una vez, el trasplante de microbiota oral que hasta ahora mostró un efecto modulador aunado al tratamiento convencional por un periodo corto de dos semanas.<sup>(18)</sup> El desarrollo de probióticos para la salud oral es otra estrategia, Inhwan You et al. aislaron 53 cepas de *Lactobacillus* spp., las cuales agruparon y seleccionaron para administrar vía oral por cuatro semanas; entre sus resultados está la disminución de *Porphyromonas gingivalis* que se identifica como un factor predisponente de periodontitis, y la identificación de la cepa *Lactobacillus acidophilus* MJCD175 como la que mejores resultados demostró tener sin efectos adversos.<sup>(16)</sup>

## Conclusiones

Se entiende al microbioma gastrointestinal como un órgano metabólico y funcional responsivo a la nutrición de cada individuo que influye en la salud.<sup>(6, 7)</sup> La composición de la dieta y las intervenciones nutricionales optimizan la funcionalidad del microbioma al contribuir a la homeostasis intestinal, que se ve reflejada en el bienestar del paciente.<sup>(4, 7)</sup> La investigación del microbioma abre las posibilidades a la terapéutica con probióticos, prebióticos y simbióticos como parte integral de la salud de perros y gatos. Sin embargo, no se limita a este enfoque, ya que también tiene un potencial diagnóstico a desarrollar que podría utilizar biomarcadores específicos de ciertas patologías derivados de esas bacterias para así tener un diagnóstico más eficaz, una evaluación de la progresión de la patología y una probable prognosis.<sup>(8)</sup>

## Financiamiento

Propio

## Agradecimientos

Agradezco al doctor Sergio C. Ángeles Campos, al MVZ Alejandro Alvarado Cruz y a la profesora Alma Silvia Gómez Pulido, por su apoyo en el desarrollo de esta revisión clínica literaria.

## Conflictos de interés

.

## Referencias

1. Alessandri G, Argentini C, Milani C, Turrone F, Cristina Ossiprandi M, van Sinderen D, et al. Catching a glimpse of the bacterial gut community of companion animals: a canine and feline perspective. *Microb Biotechnol.* 2020;13(6):1708–1732. doi:10.1111/1751-7915.13656.
2. Hernández J, Rhimi S, Kriaa A, Mariaule V, Boudaya H, Drut A, et al. Domestic environment and gut microbiota: lessons from pet dogs. *Microorganisms.* 2022;10(5):949. doi: 10.3390/microorganisms10050949.
3. García-Mazcorro JF, Minamoto Y. Gastrointestinal microorganisms in cats and dogs: a brief review. *Arch Med Vet.* 2013;45(2):111–124. doi:10.4067/s0301-732x2013000200002.
4. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2014;11(8):506–514. doi: 10.1038/nrgastro.2014.66.
5. Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2017;14(8):491–502. doi: 10.1038/nrgastro.2017.75.
6. Swanson KS, Gibson GR, Hutkins R, Reimer RA, Reid G, Verbeke K, et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2020;17(11):687–701. doi: 10.1038/s41575-020-0344-2.
7. Barko PC, McMichael MA, Swanson KS, Williams DA. The gastrointestinal microbiome: a review. *J Vet Intern Med.* 2018;32(1):9–25. doi: 10.1111/jvim.14875.
8. Wernimont SM, Radosevich J, Jackson MI, Ephraim E, Badri DV, MacLeay JM, et al. The effects of nutrition on the gastrointestinal microbiome of cats and dogs: impact on health and disease. *Front Microbiol.* 2020;11. doi: 10.3389/fmicb.2020.01266.
9. Song H, Lee J, Yi S, Kim W-H, Kim Y, Namgoong B, et al. Red ginseng dietary fiber shows prebiotic potential by modulating gut microbiota in dogs. *Microbiol Spectr.* 2023;11(4). doi: 10.1128/spectrum.00949-23.
10. Pinna C, Biagi G. The utilisation of prebiotics and synbiotics in dogs. *Ital J Anim Sci.* 2014;13(1):3107. doi: 10.4081/ijas.2014.3107.
11. Scarsella E, Meineri G, Sandri M, Ganz HH, Stefanon B. Characterization of the blood microbiome and comparison with the fecal microbiome in healthy dogs

- and dogs with gastrointestinal disease. *Vet Sci.* 2023;10(4):277. doi: 10.3390/vetsci10040277.
12. Kieler IN, Shamzir Kamal S, Vitger AD, Nielsen DS, Lauridsen C, Bjornvad CR. Gut microbiota composition may relate to weight loss rate in obese pet dogs. *Vet Med Sci.* 2017;3(4):252–262. doi: 10.1002/vms3.80.
  13. Grześkowiak Ł, Endo A, Beasley S, Salminen S. Microbiota and probiotics in canine and feline welfare. *Anaerobe.* 2015;34:14–23. doi:10.1016/j.anaerobe.2015.04.002.
  14. Sugita K, Shima A, Takahashi K, Ishihara G, Kawano K, Ohmori K. Pilot evaluation of a single oral fecal microbiota transplantation for canine atopic dermatitis. *Sci Rep.* 2023;13(1). doi: 10.1038/s41598-023-35565-y.
  15. Kubinyi E, Bel Rhali S, Sándor S, Szabó A, Felföldi T. Gut microbiome composition is associated with age and memory performance in pet dogs. *Animals (Basel).* 2020;10(9):1488. doi: 10.3390/ani10091488.
  16. You I, Mahiddine FY, Park H, Kim MJ. *Lactobacillus acidophilus* novel strain, MJCD175, as a potential probiotic for oral health in dogs. *Front Vet Sci.* 2022;9. doi: 10.3389/fvets.2022.946890.
  17. Niemiec BA, Gawor J, Tang S, Prem A, Krumbek JA. The bacteriome of the oral cavity in healthy dogs and dogs with periodontal disease. *Am J Vet Res.* 2022;83(1):50–8. doi: 10.2460/ajvr.21.02.0027.
  18. Beikler T, Bunte K, Chan Y, Weiher B, Selbach S, Peters U, et al. Oral microbiota transplant in dogs with naturally occurring periodontitis. *J Dent Res.* 2021;100(7):764–70. doi: 10.1177/0022034521995423.
  19. Homayouni Rad A, Pourjafar H, Mirzakhani E. A comprehensive review of the application of probiotics and postbiotics in oral health. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023;13. doi: 10.3389/fcimb.2023.1120995.