

Concepción integrativa del parasitismo: redefiniendo nuevos conceptos

Cintli Martínez Ortiz de Montellano^{1*}, Rosa Estela Quiroz Castañeda²,
Edgar Dantán González³, Hugo Aguilar-Díaz², Claudia Cecilia Márquez Mota⁴,
Hugo Oswaldo Toledo-Alvarado⁵

Introducción

Alrededor del mundo, humanos y animales tienen manifestaciones clínicas y subclínicas de enfermedad atribuidas a parásitos, en especial a los geohelminintos (helminintos transmitidos desde el suelo) (Bowman 2019, OPS/OMS 2020). Cada especie animal ha sido dotada de mecanismos de defensa que contribuyen al control de las poblaciones de parásitos, o “enemigos naturales”, por más agudas que sean sus manifestaciones clínicas durante la infección. Sin embargo, no todos los casos de parasitismo ocasionan enfermedad y mucho menos la muerte del hospedero.

En México, dentro de sus vastas praderas y bosques, se crían manadas de caballos bajo los mejores estándares de confort y bienestar animal. Esto constituye una élite equina, que muchas veces puede ser sujeta a prácticas rutinarias en cuanto al uso de fármacos para el control de parásitos y bacterias. Este manejo consiste en protocolos farmacológicos de administración frecuente, sistemática, calendarizada, y en muchas ocasiones sin diagnóstico previo, incluyendo la ausencia de signos clínicos. Además, el uso frecuente de productos químicos ha ocasionado una resistencia hacia agentes patógenos, lo que representan un serio problema en medicina veterinaria. Al mismo tiempo, la carencia de especificidad de estos productos puede eliminar gran parte de las poblaciones benéficas de microorganismos en el caballo y promover disbiosis (desequilibrio en el tipo de colonia microbiana) (Kunz et al. 2019, Daniels et al. 2020).

Varios estudios han demostrado que los caballos pueden tolerar las infecciones por parásitos, bacterias, virus y hongos (Uhlinger 2007). Dentro del gran organismo (el caballo),

esta tolerancia ha generado gran controversia en torno a las interacciones biológicas. Entonces, se debe considerar que el parasitismo no es un hecho aislado. Actualmente, muchos científicos han identificado el papel de las comunidades microbianas dentro del macrosistema donde se desarrollan. En contraste, poco se sabe del papel de estos microorganismos durante la crianza de equinos ni mucho menos de la relación ecológica que guardan con el parasitismo. La importancia del conocimiento de dichas interacciones abre la posibilidad de encontrar soluciones prácticas a diversas enfermedades de importancia en medicina veterinaria y también en salud pública. El objetivo de este trabajo es presentar una reflexión sobre la manera en la que se controlan los parásitos, con énfasis en el caballo, y ampliar la concepción integrativa del parasitismo.

El holobionte como unidad

En la naturaleza, los organismos poseen un componente genético que los define individualmente y éste es una huella que varía de organismo a organismo debido a mecanismos naturales como son las mutaciones, la recombinación genética, factores bióticos y abióticos, e incluso la presencia, o ausencia, de diferentes comunidades de micro y macroorganismos (Aguilar-Díaz et al. 2021). En este sentido, la naturaleza se encuentra formada por miles de consorcios donde conviven de manera conjunta varias especies (Aguilar-Díaz et al. 2021). Dentro de las complejidades del parasitismo, el hospedero representa un ente individual que por definición podría considerarse un **holobionte**, del griego *holo* (todo) y *bios* (vida) (Lovelok 2000). Así, todos los organismos, incluyendo sus hospederos, presentan relaciones simbióticas estrechas con miles de microorganismos donde al menos alguna de las especies involucradas obtiene un beneficio (Valdespino et al. 2014).

En una relación simbiótica se puede incluir al parasitismo. El enfoque del holobionte contribuye a mejorar la comprensión del papel que tiene la intervención antropogénica, la praxis inadecuada, e incluso el cambio climático, y cómo estos pueden afectar las relaciones simbióticas en los ecosistemas (Six 2013). De esta forma, el caballo podría considerarse un holobionte que contiene varias especies que conforman su **micro y macrobiota**. Desafortunadamente, estas interacciones no han sido exploradas y existen sesgos importantes que deberían ser considerados en el proceso salud-enfermedad. La **microbiota** es la comunidad microbiana de un hábitat definido (holobionte) y el microbioma es el

material genético de cada una de las especies que lo conforman (Aguilar-Díaz et al. 2021).

Actualmente, algunos científicos proponen que dentro de la microbiota sólo se deberían incluir las bacterias (**bacterioma**). En contraste, otros consideran la importancia de especies de virus (**viroma**) y hongos (**microbioma**) (Rowan-Nash et al. 2019). Por otra parte, varios científicos debaten si dentro de estas comunidades deberían considerarse los organismos patógenos, incluso definen este componente como **patobioma** (Berg et al. 2020). Existe un segundo nivel pocas veces tomado en cuenta. En este contexto pocos científicos han explorado el papel de la **macrobiota**, o el conjunto de helmintos y artrópodos en el holobionte. La macrobiota es un término establecido recientemente (Gause y Maizels, 2016, Rowan-Nash et al. 2019) y poco utilizado debido a la discusión de inclusión (Kauter et al. 2019, Berg et al. 2020) o exclusión (Dicks et al. 2014, Peachy et al. 2018) de los parásitos en la microbiota. Así, dentro del holobionte se mantiene una convivencia biológica con cientos de especies (micro y macrobiota) que concurren en funciones y mecanismos fisiológicos, moleculares e inmunológicos, con acciones benéficas que contribuyen al equilibrio y la homeostasis. También, en este mismo sentido existen acciones perjudiciales y/o patógenas que ocasionan cuadros de disbiosis que eventualmente resultan en la ruptura del equilibrio (Dicks et al. 2014, Kauter et al. 2019, Peachey et al. 2018, 2019, Rowan-Nash et al. 2019, Berg et al. 2020).

El caballo como holobionte

En el estudio del **refugio** del parasitismo de animales en pastoreo, se ha demostrado que aproximadamente 95% de la población parasitaria se encuentra en el ambiente y sólo 5% se encuentra en el tracto gastrointestinal de los animales (Fig. 1). Este escenario hace prácticamente imposible su erradicación (Bowman 2019), donde este 5% corresponde a larvas (L4) en hipobiosis (Fig. 1) o adultos en el lumen. Además, sólo dentro del tracto gastrointestinal del equino existe una población de más de un millón de bacterias, de las cuales se han identificado algunas especies (Dicks et al. 2014, Kauter et al. 2019). Incluso, a la fecha existen escasos reportes del papel o la interacción que existe entre la macro y microbiota equina (Walshe et al. 2020). Bajo esta consideración, se puede pensar que además de los parásitos las bacterias contribuyen activamente en mecanismos de salud-enfermedad (Fig. 2). Sin embargo, esto al momento permanece sin esclarecerse.

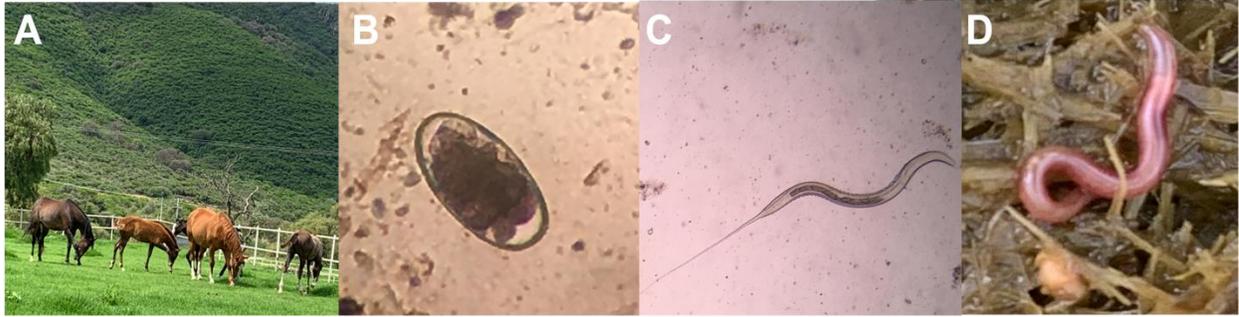


Figura 1. A.- Yeguas y potros en pastoreo continuo. B.- Huevo blastomero de estrombílido en las heces de caballos en el ambiente. C.- Larva del estadio 3 de un ciatostomino, en los pastos, para ser ingerida por los equinos y continuar su ciclo. D.- Larva 4, o preadulto, de ciatostomino recién emergida de la hipobiosis de la mucosa cecal y cuyo ciclo fue interrumpido por el sistema inmune del caballo al ser expulsada al ambiente a través de las heces.

En términos epidemiológicos, es fundamental comprender el parasitismo como algo que ocurre todo el tiempo y que, de manera paralela, pone en relieve el papel trascendental de la microbiota en la homeostasis. Y apenas se comienza a concebir los posibles “beneficios” que los parásitos podrían brindarle al holobionte. En este sentido, se sugiere una concepción integrativa del parasitismo lejos del discurso antropocéntrico de que “ningún animal que pastorea debe tener un ser macroscópico habitando sus entrañas”. Por muy repugnantes que parezcan, a nuestra percepción, la microbiota tiene una función y apenas se empieza a concebir qué beneficios le da a un holobionte tener parásitos. En el caso de *Taenia solium*, parásito responsable de la teniasis humana y su larva *Cysticercus cellulosae* agente causal de la cisticercosis en el humano y el cerdo, estudios recientes demuestran la gran capacidad que tienen para modular y controlar la respuesta inmune del hospedero, contribuyendo a la regulación de la respuesta inflamatoria, que en términos médicos-terapéuticos, pudiera ser fundamental en el diseño de nuevos tratamientos para las infecciones por otros helmintos generando además una mejor comprensión para el control de algunas enfermedades inflamatorias evitando secuelas posteriores (Hodge y McSorley 2022). Este tipo de estudios son esenciales para poder comprender cómo un parásito puede tener dualidad y ser patógeno, pero también mutualista, o bien a ser un comensal dentro del holobionte. Claro que en nuestra *psique* no cabe la idea que tenemos un ser vivo tan grande y repugnante en nuestro interior, o peor aún en nuestro cerebro. En consecuencia, en el caso de la microbiota equina, este tipo de interacciones han sido abordadas pobremente. Así, la presencia de parásitos helmintos en realidad ha sido muy poco estudiada (Fig. 1) y sólo se ha centrado en tratar de erradicarlos (Uhlinger 2007).

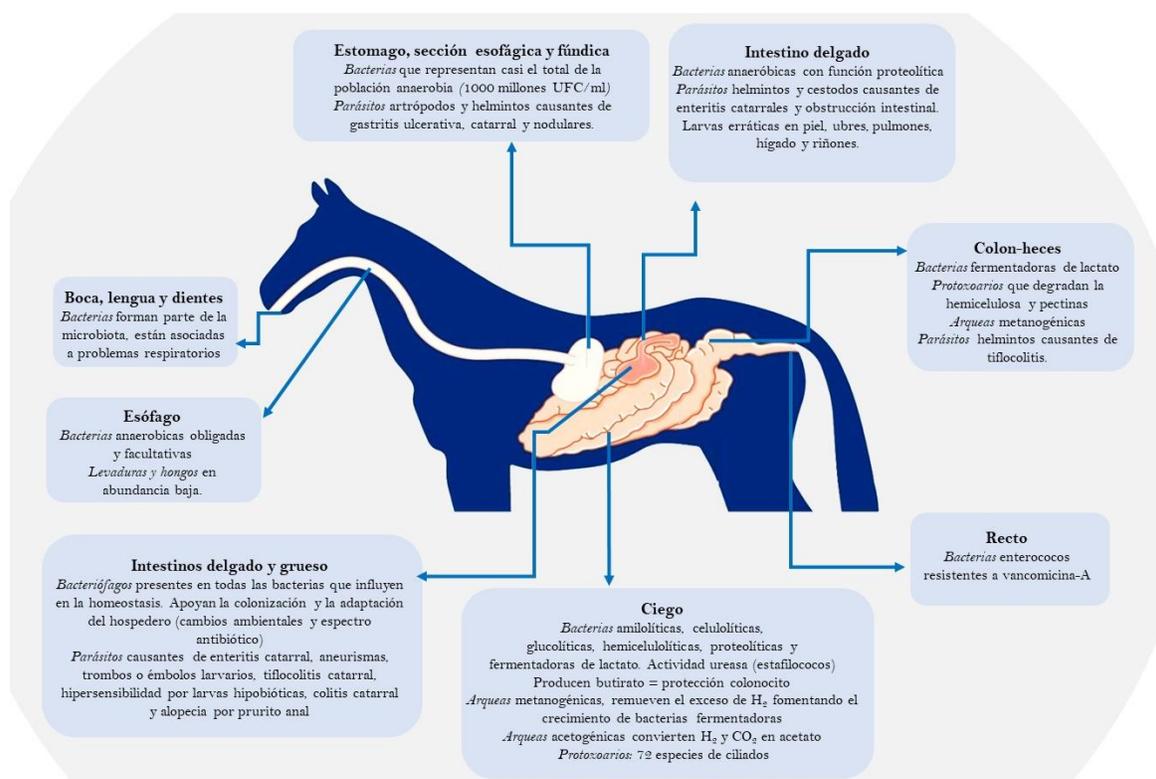


Figura 2. Composición de la microbiota (bacterias, arqueas, hongos, protistas) y macrobiota del tracto gastrointestinal (TGI) del caballo. La diversidad de la microbiota se asocia a distintos procesos metabólicos y fisiológicos relacionados con la salud animal que se asocian a características particulares. También se menciona a la macrobiota con las lesiones que causan en distintas secciones del TGI, los cuales podrían estar interactuando con la microbiota (tomado de Dicks et al. 2014, Kauter et al. 2019, Bowman 2019).

La microbiota y macrobiota en el holobionte

La interacción del holobionte, además de incluir la interacción con otros holobiontes, incluye al ambiente. En este sentido, los científicos consideran que todo organismo vivo depende en sí de factores tanto abióticos y bióticos con características intrínsecas del holobionte, además de la micro y macrobiota (Berg et al. 2020, Herczeg et al. 2021), incluso al grado de considerar que varios procesos evolutivos son en gran medida dependientes de ellos Yong (2017). Del mismo modo, aplica en caballos, donde se pueden considerar cruciales los primeros seis o siete meses de vida, siendo dependientes de muchos factores y circunstancias (Fig. 3).

La organización de holobionte, y la estrecha comunicación que existe entre sus diversos actores, indudablemente gira en torno al ambiente. Al respecto, existen reportes

que consideran el papel del ambiente en la regulación de la microbiota donde se ha demostrado que los procesos de adaptación, adecuación y resiliencia, mantienen una estrecha relación con la composición de la microbiota, la cual, a su vez puede adaptarse a diversos factores abióticos (Minard et al. 2013, Engel y Moran 2013).

Para los equinos, durante su vida temprana y adulta establecerán su micro y macrobiota dependiendo de factores abióticos ambientales ligados a la acción humana (Fig. 3). Estos factores a su vez dependen del cambio climático, la contaminación de aire, suelo y agua, sin olvidar las prácticas farmacológicas inadecuadas (antibióticos y desparasitantes), además de los factores abióticos que provee el ambiente en diferentes épocas del año: temperatura, humedad y radiación. Un componente importante en la gran variación de la composición microbiana es sin duda el uso de acaricidas e insecticidas de manera desmedida, lo que en términos de la interacción holobionte-ambiente producen un cambio drástico en especies en el nicho. La densidad poblacional y la probabilidad de interactuar con individuos de otra especie (otros holobiontes), o bien con menos o más individuos de la misma especie, podrían seleccionar la micro y macrobiota del equino. No es lo mismo un potro que comienza a convivir con su madre, y otras madres recién paridas con sus crías, a un potro huérfano que es aislado para su alimentación artificial. Otro escenario es algún individuo que es aislado por comportamiento, u otras causas, y privado del instinto natural de manada equina. Animales en hacinamiento también tendrán cierto microbioma. Además, diferentes fuentes bióticas, principalmente derivadas del estrés, son los momentos donde metabólicamente un caballo se encuentra comprometido, como el parto, destete, ejercicio intenso (atleta y carga), cambios de alojamiento o traslados a corta o larga distancia. Por otro lado, la alimentación, el tipo de pradera que pastorean o ramonean los caballos, las pacas con heno administrado, silo o incluso el uso de un *hay steamer*¹, pueden modificar la población bacteriana de manera muy importante considerando además si al caballo se le administra una dieta solo con granos, alimento balanceado y/o suplementos comerciales con probióticos y prebióticos.

El holobionte-caballo interactúa con reservorios de microbiota y macrobiota intra e interespecíficos, como son artrópodos (moscas, moscos, tábanos), pero también puede interactuar con mamíferos domésticos, peridomésticos y el ser humano. Pero lo más fascinante es que el holobionte-caballo al ser capaz de establecer estas interacciones y albergar tantos seres vivos al mismo tiempo permite que los componentes y abundancia

¹ *Hay steamer*, vaporizador que se usa para eliminar hongos asociados a patologías respiratorias.

sean casi infinitas y que ocurran procesos aún desconocidos de interacción sincrónica y asincrónica (Fig. 3). Esto es co-ocurrencia o multiparasitismo (Berg et al. 2020, Herczge et al. 2021).

Los vertebrados adquieren gran parte de su microbiota al momento del nacimiento a través del canal del parto. Por tanto, aquellos individuos cuyo nacimiento es por cesárea no podrán obtener de manera natural la microbiota de la madre. Durante el amamantamiento ocurre un proceso natural de adquisición de la micro y macrobiota (p. ej. *Strongyloides westeri*). En el caso de los equinos, en los potros huérfanos no ocurre el mismo escenario que en los calostrados y amamantados por la madre, ya que reciben el nutrimento mediante mamilas o cubetas con o sin calostro, con sustituto de leche, perdiendo la oportunidad de establecer una microbiota adecuada, lo que resulta en una disbiosis.

La coprofagia, para los sistemas de crianza, es concebida erróneamente. En contraste, si el potro consume el estiércol de la madre, o de individuos de su hábitat (corral), consumirá cepas de microbiota y macrobiota de su nicho ecológico que inmunológicamente lo fortalecerán. Una vez establecida la primera línea de defensa, el caballo en crecimiento se enfrentará a la interacción con otros individuos en un momento crucial: el destete. Los individuos destetados sufrirán cambios drásticos por estrés al establecer jerarquías, la separación de la madre y nuevos individuos por conocer de nuevo la coprofagia y el contacto directo serán factores importantes del establecimiento de la microbiota. El escenario anterior forma parte de los mecanismos de la inmunidad innata y adquirida del individuo, como característica que permitirá el desarrollo de una microbiota específica. Además, existen otras particularidades importantes como la condición corporal, la raza, la edad y el temperamento que en gran medida son influenciados por el sistema de crianza y las condiciones del alojamiento de los animales. Estas características individuales permitirán o no el desarrollo óptimo de la microbiota y la macrobiota del equino como holobionte.

Es importante dejar en claro que se considera que la microbiota se refiere a organismos “benéficos” y se descartan los patógenos. Se debe tomar en cuenta que el rol de los patógenos microscópicos, como bacterias, hongos, virus y la macrobiota (parásitos), aún no es del todo dilucidado. Por lo tanto, los organismos benéficos y patógenos se consideran microbiota y macrobiota junto con sus atributos o características para poblar, invadir o interactuar con los hospederos mismos que son importantes para los mecanismos benéficos

o de enfermedad. Dentro de las cualidades más importantes se encuentran (Herczge et al. 2021):

a) **Dosis:** reconocida como la cantidad de organismos que llegan al interior del holobionte y se establecen; b) **Infectividad o establecimiento:** muy relacionada con la dosis, pero sobre todo que logran cerrar un ciclo de vida perpetuando su especie dentro y fuera de su hospedero; b) **Virulencia:** atribuido al poder “patógeno” y que cumplen con prolongar la vida del hospedero definitivo y, por consiguiente, la suya. Esto no sucede en los hospederos intermediarios, dónde el organismo vive sólo el tiempo necesario para ser encontrado por el hospedero definitivo, sobre todo en organismos de la microbiota; c) **Competitividad:** se refiere a interacciones entre grupos, muchas de ellas desconocidas de ciertos actores de la microbiota y de la macrobiota que pueden estar en mayor abundancia y riqueza; es “competitividad” por recursos o por suplir funciones metabólicas, p. ej. producción de ácidos grasos volátiles y acción sobre la inflamación. Acciones que abren una ventana a la necesidad del estudio de interacciones simbióticas, mutualistas, comensalistas, traducidas en sinergias, pero también cuando las interacciones son antagónicas y las resumimos en disbiosis y/o parasitismo; d) **Orden de tiempo de invasión o arribo:** ¿quién llegó primero? virus, bacteria, hongo, protozooario, metazoario, ¿ocurre multiparasitismo?... no importa, pero se considera que ese tiempo de arribo al holobionte es crucial para el establecimiento y composición del microbioma; e) **Historia de la coevolución:** desde el inicio de la vida hay una fuerte asociación entre ciertos microorganismos que han evolucionado juntos. Un ejemplo es que en la cutícula de los nematodos parásitos obligados de los équidos como *Parascaris equorum* habitan bacterias y una de las familias importantes es la Clostridiaceae, gram positivas causantes de clostridiasis en los caballos (Barr 2018). Las interacciones entre protozoarios, virus, bacterias, arqueobacterias, hongos, helmintos y artrópodos y sus posibles combinaciones: entre grupos de microbiota, entre grupos de macrobiota, entre microbiota y macrobiota (Fig. 3) son ejemplos de coevolución y por lo tanto de coexistencia en el hospedero (Fig. 2).

En términos generales, profundizar el estudio de las características de la microbiota y macrobiota pueden ayudar a la ciencia a replantear los procesos de salud-enfermedad.

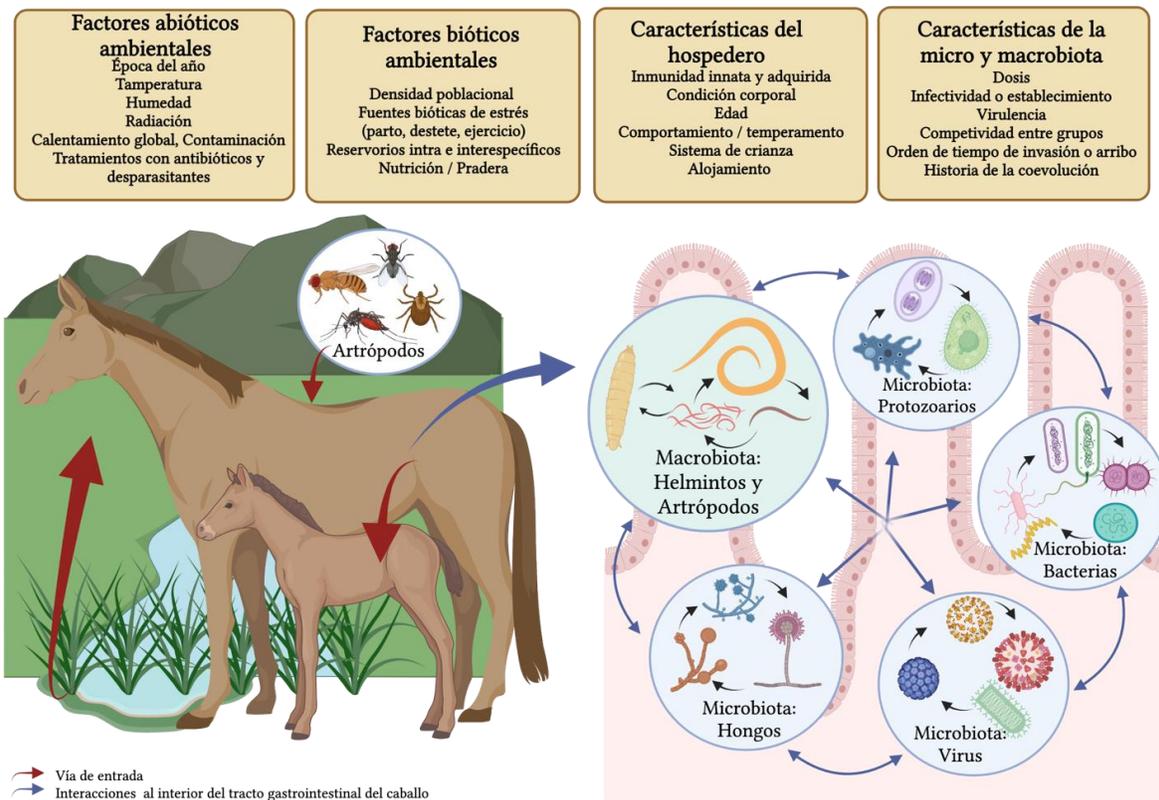


Figura 3. Factores que permiten la coexistencia de la microbiota y macrobiota en el holobionte-caballo (inspirado de Herczeg et al. 2021 y creado con BioRender.com).

Estudio de la microbiota intestinal

Desde el punto de vista médico, el estudio de la microbiota intestinal ha sido de gran ayuda para el desarrollo de alternativas terapéuticas. Actualmente, y con el avance y desarrollo de novedosas técnicas moleculares, se ha podido caracterizar e identificar la microbioma intestinal. Con relación a herramientas, como la secuenciación de capilar del gen 16S, ésta ha resultado ser una plataforma robusta para la evaluación de la composición de la microbiota intestinal. Al momento, varios estudios han conseguido caracterizar la microbiota fecal e intestinal, encontrando variaciones en la composición en segmentos del intestino en especies de mamíferos, donde se han encontrado cientos de bacterias y muchas aún no identificadas (Kibe et al. 2004). Es importante destacar que el desarrollo y aplicación de técnicas de secuenciación y cultivo es esencial para la determinación de la composición, estabilidad relativa y diversidad temporal de la microbiota. Los datos obtenidos de estos estudios pueden ser utilizados para modular la composición microbiana de manera conveniente en el proceso salud-enfermedad. Desafortunadamente, para el caso de los

equinos estos abordajes son escasos y, en contraste, en el caso de la microbiota intestinal humana se ha avanzado a pasos agigantados, donde incluso se sabe que modificar su composición bacteriana resulta ser relativamente fácil por modificación en la dieta, tratamientos con antibióticos, uso de probióticos, e incluso, por la transferencia de materia fecal. El conocimiento de la riqueza biótica ha permitido la evaluación integral de la composición de diferentes micro y macrosistemas para el mejoramiento de diversas especies y para la profilaxis y tratamientos de diversas enfermedades.

Conclusiones

Es imprescindible considerar los componentes del holobionte-caballo. La micro y macrobiota juegan un papel fundamental en el proceso salud-enfermedad de todos los organismos. El estudio de dichos componentes resulta crucial en la búsqueda del mejoramiento nutricional y bienestar equino. Bajo este enfoque, es importante comprender que cada organismo tiene un rol diferente y que al momento se desconoce el papel real de los parásitos dentro del holobionte-caballo. El considerar a los parásitos como parte del micro y macrobioma es una perspectiva integral dentro de la medicina preventiva, la salud y bienestar equino, pero que también se puede extender hacia animales en pastoreo, traspatio o de compañía. Promover el entendimiento del papel de los parásitos y en sí, de todas las especies que componen al holobionte, puede contribuir a cambiar la premisa del uso exacerbado de fármacos, estimulando la protección de la micro y macrobiota en un ambiente de equilibrio que coadyuve en la salud equina. Al redefinir la condición de los actores biológicos, se pueden incluir herramientas y estrategias bajo el enfoque del Manejo Integrado Parasitario y la Salud Integrada Equina. El conocimiento de todos estos procesos es muy valioso ya que están relacionados con el eje salud-enfermedad-bienestar, dicho en otras palabras “Una sola Salud”.

¹Departamento de Parasitología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Colonia UNAM, CU. Delegación Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México, México. Autor para correspondencia (*) cintli@unam.mx

²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad INIFAP, Jiutepec 62574, Mexico.

³Centro de Investigación en Biotecnología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, 62209, México.

⁴Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Colonia UNAM, CU. Delegación Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México, México.

⁵Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Colonia UNAM, CU. Delegación Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México, México.

Martínez Ortiz de Montellano C, Estela Quiroz Castañeda R, Dantán González E, Aguilar-Díaz H, Márquez Mota CC, Toledo-Alvarado HO. 2022. Concepción integrativa del parasitismo: redefiniendo nuevos conceptos. *Bioagrociencias* 15(2): 48-59.

Referencias

- Aguilar-Díaz H, Quiroz-Castañeda RE, Castro-Saines E, Hernández-Ortiz R y Isaac G. 2021. Avance en el estudio del microbioma de garrapatas: una visión hologenómica en busca de nuevas estrategias para su control. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle* 14: 56.
- Barr B. 2018. Nutritional management of the foal with diarrhoea. *Journal Equine Veterinary Education* 30:100-105.
- Berg G, Rybakova D, Fischer D, Cernava T, Vergès MCC, Charles T y Schloter M. 2020. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome* 8: 103.
- Bowman D. 2019. *Georgi's Parasitology for veterinarians*. 11^a ed. Missouri. Elsevier.
- Dicks LMT, Botha M, Dicks E y Botes M. 2014. The equine gastro-intestinal tract: An overview of the microbiota, disease, and treatment. *Livestock Science*, 160:69-81.
- Daniels SP, Leng J, Swann JR y Proudman CJ. 2020. Bugs and drugs: a systems biology approach to characterising the effect of moxidectin on the horse's faecal microbiome. *Animal Microbiome* 2:38.
- Engel P y Moran NA. 2013. The gut microbiota of insects – diversity in structure and function, *FEMS Microbiology Reviews* 37:699-735.
- Gause WC y Maizels RM. 2016. Macrobionta-helminths as active participants and partners of the microbiota in host intestinal homeostasis. *Current Opinion in Microbiology* 32: 14-18.
- Herczeg D, Ujszegi J, Kásler A, Holly D y Hettyey A. 2021. Host-multiparasite interactions in amphibians: a review. *Parasite & Vectors* 14:1-20.

- Hodge SH y McSorley HJ. 2022. A good day for helminths: how parasite-derived GDH suppresses inflammatory responses. *EMBO reports* 1-3.
- Kauter A, Epping L, Semmler T, Antao EM, Kannapin D, Stoeckle SD, Gehlen H, Lübke-Becker A, Günther S, Wieler LH y Walther B. 2019. The gut microbiome of horses: current research on equine enteral microbiota and future perspectives. *Animal Microbiome* 1:14.
- Kibe R, Sakamoto M, Hayashi H, Yokota H y Benno Y. 2004. Maturation of the murine cecal microbiota as revealed by terminal restriction fragment length polymorphism and 16S rRNA gene clone libraries. *FEMS Microbiology Letters* 235:139-46.
- Kunz IGZ, Reed KJ, Metcalf JL, Hassel DM, Coleman RJ, Hess TM y Coleman SJ. 2019. Equine fecal microbiota changes associated with anthelmintic administration. *Journal of Equine Veterinary Science* 77:98-105.
- Lovelok J. 2000. *Homage to Gaia*. Oxford University Press.
- Minard G, Mavingui P y Moro CV. 2013. Diversity and function of bacterial microbiota in the mosquito holobiont. *Parasites Vectors* 6:146.
- OPS/OMS. 2022. Geohelminthiasis. <https://www.paho.org/es/temas/geohelminthiasis>
- Peachey LE, Molena RA, Jenkins TP, Di Cesare A, Traversa D, Hodgkinson JE y Cantacessi C. 2018. The relationships between faecal egg counts and gut microbial composition in UK Thoroughbreds infected by cyathostomins. *International Journal of Parasitology* 48: 403-412.
- Rowan-Nash AD, Korry BJ, Mylonakis E y Belenky P. 2019. Cross-domain and viral interactions in the microbiome. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 83:1-63.
- Six DL. 2013. The Bark Beetle Holobiont: Why Microbes Matter. *Journal of Chemical Ecology* 39:989-1002.
- Uhlinger CA. 2007. Evidence-Based Parasitology in Horses. *Veterinary Clinique Equine* 23:509-517.
- Valdespino PM, Merino Ibarra M, Valdespino VM y Falcón LI. 2014. Es una planta, un animal o un holobionte? *Ciencia y Desarrollo* 6-9.
- Walshe N, Mulcahy G, Hodgkinson J y Peachey L. 2020. No Worm Is an Island; The Influence of Commensal Gut Microbiota on Cyathostomin Infections. *Animals* 10: 2309.
- Yong E. 2017. *Yo contengo multitudes*. Penguin Random House Grupo Editorial, S. A. U. Barcelona, España.