

# Manejo Integrado de Parásitos en Pequeños Rumiantes

Cintli Martínez Ortiz de Montellano<sup>1\*</sup>, Juan Felipe de Jesús Torres Acosta<sup>2</sup>, Nadia Florencia Ojeda Robertos<sup>3</sup>, Laura González Reyes<sup>1</sup>, Sara Atzin Muñoz Marín<sup>1</sup>

## Introducción

La interacción de los pequeños rumiantes domésticos (e.g., ovejas y cabras) con los nematodos gastrointestinales (NGI) ha permitido su co-evolución que ha permitido que la mayoría de las ovejas y cabras (hospedadores) sobrevivan en las granjas con infecciones moderadas o leves de NGI, sin que éstos afecten su salud y producción. Sin embargo, existen condiciones donde se rompe el equilibrio entre los hospedadores y sus parásitos. Este escenario es cuando las ovejas y cabras son afectadas al perder su homeostasis y experimentar una nematodosis clínica, la cual ocasiona pérdidas económicas importantes.

En las últimas cinco décadas, el control de NGI en pequeños rumiantes se ha centrado en eliminar las cargas parasitarias en los hospedadores bajo el concepto erróneo de que “todos los animales infectados con NGI están enfermos y tienen pérdidas en su productividad”. Por lo tanto, la lógica ha sido eliminar a los NGI sin importar si realmente estuvieran ocasionando problemas de salud y producción. Se pensaba que al eliminar a los NGI, los rumiantes mejorarían su productividad a corto plazo, sin tener en cuenta las consecuencias de este manejo en el futuro de la granja.

El control de los NGI se basa, en gran medida, en el uso rutinario de antihelmínticos (AH) que son drogas diseñadas para eliminar estos parásitos. La recomendación más común era usar AH varias veces al año en todos los animales del rebaño. Sin embargo, éste enfoque de eliminación parasitaria es inadecuado ya que siempre origina poblaciones de NGI resistentes a los AH. En la actualidad, muchos rebaños de pequeños rumiantes padecen las consecuencias de la Resistencia Antihelmíntica (RAH), la cual se ha extendido en todo el mundo y continua en aumento, dificultando el control de los NGI (Vercruyse et al. 2018).

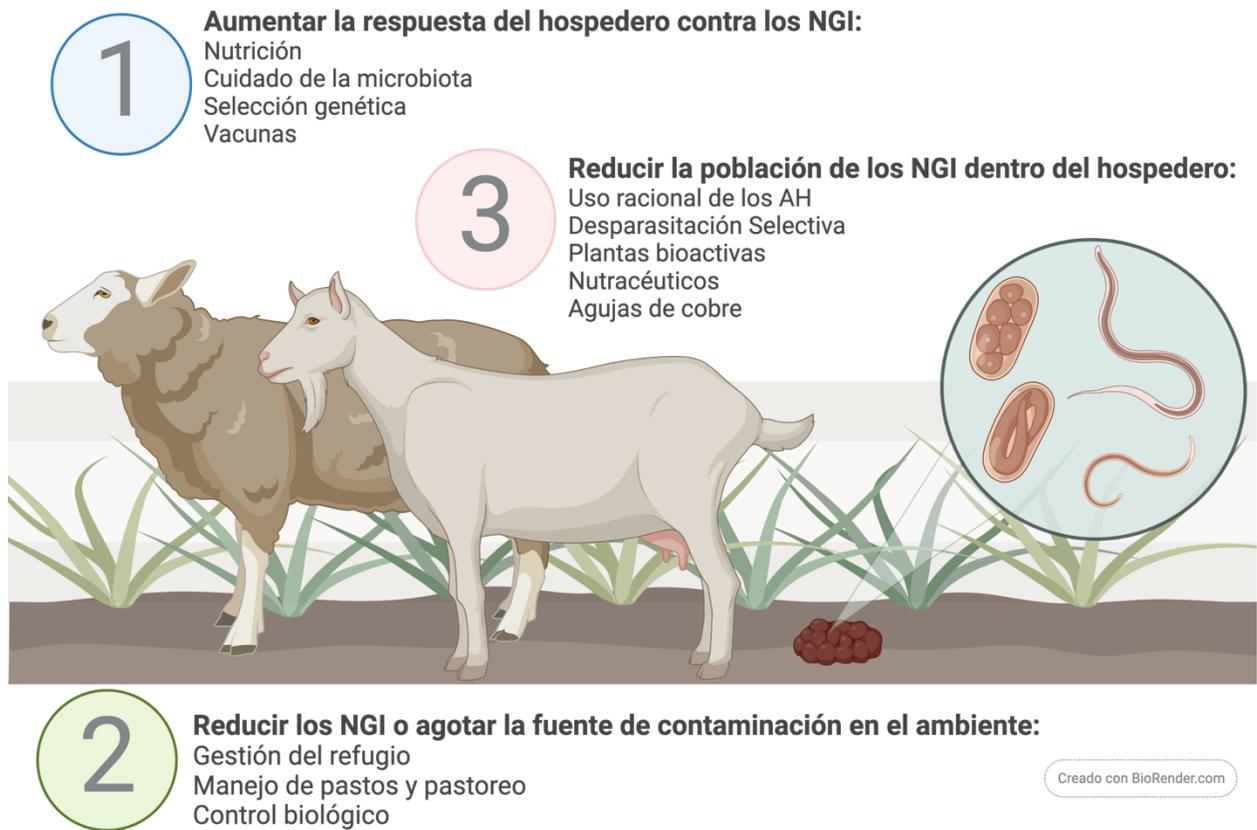
En años recientes, se ha enfocado la atención hacia la importancia del impacto negativo del uso excesivo de AH en el ambiente, el bienestar animal (Niamir-Fuller, 2016) y la sostenibilidad del control de NGI. En el marco de la reunión *ParasiteXpert*, Kaplan (2021) presentó el desarrollo de nuevas moléculas, aludiendo que es un proceso largo y costo, reconociendo que los AH nuevos serán poco frecuentes y mucho más caros que los preexistentes y que: *“cuando un producto nuevo salga, será necesario usarlo de manera diferente, no como lo hemos hecho hasta ahora, si decidimos no hacerlo, esta nueva molécula tendrá una corta vida de uso”*. Sin embargo, *tenemos lo que tenemos* y dada la disminución de la eficacia de los AH en muchas granjas de ovinos y caprinos, la comunidad científica ha exhortado que se adopten métodos y estrategias de control de NGI que consideren su sustentabilidad en el corto y largo plazos.

Para el éxito de la implementación de las estrategias de control es muy importante reconocer la interacción **hospedero-parásito-ambiente**, lo que es básico para poder establecer eficazmente los elementos que permitan la aplicación del Manejo Integrado de Parásitos (MIP). En este contexto, el objetivo de este trabajo es presentar un panorama sobre la necesidad de usar herramientas o métodos de control específicamente para nematodos gastrointestinales sin considerar otros parásitos (e.g., protozoarios, cestodos, trematodos, insectos y ácaros).

## Manejo Integrado de Parásitos

Este manejo consiste en usar diferentes productos, o métodos de control, de tal manera que permitan atacar a los parásitos en diferentes fases de su ciclo de vida y con herramientas que tienen diferentes mecanismos de acción. Es decir, se busca combinar los métodos de control de NGI para mantener una población de NGI a niveles bajos en las praderas, y sobre todo en los animales, de tal manera que no afecten la producción y salud de los pequeños rumiantes. La intención no es la eliminación total de los NGI en los animales sino reducir la dependencia por los antiparasitarios convencionales y retardar la aparición de poblaciones de NGI (Hoste y Torres-Acosta 2011, Vercruyse et al. 2018).

Estos métodos se basan en tres principios (ver Fig. 1): 1) aumentar la respuesta del hospedero contra los NGI, 2) reducir los NGI o agotar la fuente de contaminación en el ambiente, y 3) reducir la población de los NGI dentro del hospedero (Hoste et al. 1997).



**Figura 1.** Principios del Manejo Integrado Parasitario en Pequeños Rumiantes.

### Aumentar la respuesta del hospedero contra los NGI

La manera más sencilla de lograr que los animales combatan un desequilibrio metabólico y homeostático ocasionado por los NGI es **obtener una nutrición adecuada**. Este es el factor más importante de todos, y el más difícil de lograr, en los sistemas de crianza en América Latina (Torres-Acosta et al. 2021). Varios estudios han demostrado que mejorar la alimentación en rumiantes aumenta su capacidad para tolerar a los NGI (resiliencia) y también permite fortalecer el sistema inmune para eliminar a los NGI (resistencia) (Hoste et al. 2016). Una mejor nutrición puede derivar del uso correcto de algún suplemento y es más importante usarlo en aquellos animales pobremente nutridos. Además, es más relevante su efecto en la época de lluvias que coincide con la abundancia de fases infectantes de los NGI en el ambiente (Walkden-Brown y Kahn, 2002).

Por muchos años, se consideró que la mejoría de la inmunidad en un animal parasitado con NGI representa un gasto metabólico de naturaleza protéica. Sin embargo, la reparación de tejidos, el mantenimiento de una eritropoyesis activa para compensar la pérdida de sangre, la producción de moco en las células caliciformes, o la producción de eosinófilos y mastocitos, son procesos que

también requieren de energía dietética extra. La suplementación dietética con proteína y energía ha permitido una disminución en los daños fisiopatológicos al mejorar la resiliencia contra los NGI y mejorar en la ganancia de peso e incluso reducir las cargas parasitarias (Gárate-Gallardo et al. 2015).

Dentro de la fisiopatología de la relación mala nutrición-nematodos, también es importante considerar que la falta de los requerimientos nutricionales desencadenará disbiosis y nematodosis exacerbadas (Cortés et al. 2020). Por lo tanto, integrar dietas ricas en nutrientes es clave para una respuesta biótica favorable dentro del enfoque en tendencia del *holobionte*. Para la producción de pequeños rumiantes en América Latina, el **cuidado de la microbiota** es de un abordaje incipiente y también es un aspecto que será imprescindible estudiar en un futuro cercano. Estudios recientes en rumiantes demuestran que poblaciones de NGI juegan un papel crucial en la configuración de la composición y diversidad de la comunidad microbiana del abomaso e intestinos, teniendo más acciones simbióticas que parasitarias (El-Ashram et al. 2017). Este escenario deja una ventana para cambiar el concepto del parasitismo en NGI. Para profundizar este aspecto, existen animales que toleran el parasitismo. Por ejemplo, dentro de un rebaño, un macho de registro bien nutrido, de buena condición corporal, bajo todas las condiciones óptimas de confort y bienestar y que solo es utilizado para el momento del empadre, puede tener cargas elevadas de NGI pero ningún signo clínico de enfermedad. El cuestionamiento inmediato es si éste animal debe ser desparasitado y la sugerencia es que no se aplique AH. Con este criterio y esta acción se preservan los NGI en el interior del hospedero permitiendo que su sistema inmune establezca una tregua con ellos y también se salvaguarda la microbiota que puede ser afectada por los AH (Moon et al. 2021).

Uno de los métodos que deberá formar parte del MIPs, en cualquier rebaño del mundo, es la selección de aquellos animales con un sistema inmune capaz de resistir a los NGI. En Australia y Nueva Zelanda, se han implementado programas de selección genética para identificar individuos con **resistencia genética** contra los NGI. Actualmente, se estudios han identificado marcadores genéticos asociados con el nivel de susceptibilidad contra los NGI, ya sea entre razas de ruminantes o entre individuos de la misma raza (Burke y Miller, 2020). Sin embargo, estos resultados no se pueden extrapolar a todas las especies de rumiantes en diferentes agroecosistemas y se deberán probar esos marcadores para cada especie en diferentes condiciones. Por otro lado, en las zonas tropicales existen razas de ovinos y caprinos que tienen gran resistencia contra los NGI, como resultado de la selección natural de ovinos y caprinos, que por generaciones han sido capaces de sobrevivir en condiciones de elevado parasitismo y desnutrición.

Es necesario establecer esquemas de selección genética que permitan identificar animales más resistentes a NGI en los rebaños de razas tropicales.

En América Latina, **la vacunación** contra NGI es un método de control que todavía no está disponible para los sistemas de producción. La única vacuna comercial disponible (*Barbervax*<sup>®</sup>, *Wirevax*<sup>®</sup>) está dirigida al control del nematodo abomasal *Haemonchus contortus* solamente en Australia, Sudáfrica y el Reino Unido. Esta vacuna utiliza antígenos ocultos (H11) de cepas nativas y han tenido excelentes resultados. Sin embargo, su uso exclusivo contra *H. contortus* pudiera ser insuficiente ya que las infecciones por NGI son mixtas y pueden incluir tres o más especies de NGI que afectan los intestinos delgado y grueso de los rumiantes. En México, se ha demostrado que remover solo *H. contortus* con agujas de cobre no mejora a los animales afectados por infecciones mixtas (Martínez-Ortíz de Montellano et al. 2007). La obtención de una vacuna recombinante, que sea efectiva en todos los rebaños del mundo, sigue siendo un reto que necesita investigaciones científicas más profundas (Claerebout y Geldhof, 2020). Cualquiera de las medidas, o herramientas anteriores, permiten reducir el uso de AH en los rebaños, lo que hace que sus poblaciones de NGI se mantengan con poca exposición a estas drogas, es decir, sirven para **preservar el refugio**.

### **Reducir los NGI o agotar la fuente de contaminación en el ambiente**

Para comprender cuáles son las estrategias recomendadas para el agotamiento, se debe conocer la epidemiología de los NGI. En un sistema de producción de pequeños rumiantes, 95% de los NGI se encuentran en el suelo y plantas de las praderas de pastoreo. En las heces se encuentran los huevos y los estadios larvarios L1, L2 y L3. En pastos y herbáceas se encuentran las L3 infectantes. Aproximadamente 5% restante de la población de NGI están dentro de los hospederos en estadios de L4, L5 y adultos (Bowmann, 2019). La medida sugerida es **mantener el refugio de los NGI**, que se define como la proporción de parásitos de un rebaño que no se exponga a los tratamientos con AH convencionales. De manera convencional, este concepto se refiere a los parásitos que se encuentran fuera del huésped (95%). Los parásitos en refugio tienen los genes que recibieron de sus padres, lo que significa que aquellos que recibieron genes susceptibles a los AH los mantendrán intactos, pero los que recibieron genes resistentes a los AH también los mantienen sus genes de resistencia ya que no es reversible. Por lo tanto, la idea de **preservar el refugio sin desparasitar** solo será de utilidad en las granjas donde todavía hay parásitos susceptibles a los AH. En aquellas donde la resistencia ya está presente, la situación no mejorará.

En la actualidad, el “refugio” también abarca aquellos estadios de parásitos que viven en el interior de los animales (5%) que no son desparasitados en una granja. En aquellas zonas con una

época de seca de varios meses, como es el caso de México, la mayoría de los NGI en las praderas (huevos, L1, L2 y L3) mueren por desecación. Consecuentemente, la población de NGI en una granja se encontrará solo dentro de los animales y cualquier tratamiento con AH ocasionará la presión de selección por NGI resistentes a los AH.

Para agotar la fuente de contaminación, que equivale a mantener las praderas de pastos con bajas cargas parasitarias, existen varias estrategias que se basan en la disminución del contacto de las L3 infectantes de los NGI con el hospedador a través del **manejo de los pastos y el pastoreo**. Esto incluye: (1) Descanso de los pastos según su crecimiento, planear el descanso con el comienzo de la época de lluvia (Navarre 2019), lo cual hará que por lixiviación se disminuya la carga de NGI, (2) Uso alternativo de la tierra como pasto y producción de cultivos/heno, así como la renovación anual o bianual de pastos (Navarre, 2019), son acciones que interrumpen el ciclo de los NGI por que ya no hay hospederos, (3) Pastoreo rotacional, esta herramienta proporciona un descanso a la pradera para su recuperación y su exposición prolongada a los rayos del sol permite la desecación y muerte de las larvas infectantes (Burke y Miller 2020), (4) Copastoreo con hospederos alternativos menos sensibles a los NGI, actualmente se recomienda a los productores que adopten esta estrategia de control parasitario por que diluye la población de NGI entre las especies que parasitarían con menos dosis infectantes a los pequeños rumiantes por competencia biológica en el ambiente, p.ej., los caballos generalmente no comparten los mismos parásitos que las cabras y las ovejas (Navarre, 2019; Shoenian y Nelson 2019), (5) Pastoreo mixto entre pequeños rumiantes y ganado bovino, se ha observado que las cabras que pastorean junto con bovinos presentan una eliminación menor de huevos por gramo de heces (Bucher et al. 2021), (6) Evitar el exceso de carga animal en una zona determinada de pastoreo (Navarre, 2019) o en lo que conocemos como “potrero”, esta medida reduce la contaminación de la pradera debido a una menor cantidad de animales altos eliminadores indentificados como el 25% de un rebaño de ovinos (Sréter et al. 1994; ) y de cabras (Hoste et al. 2002), (7) Colecta de heces en las praderas, que es una alternativa común en criaderos de caballos para disminuir la fuente de contaminación (Corbett et al. 2014). Esta acción es poco apresiada por los productores de pequeños rumiantes. Probablemente con los estudios pertinentes, el resultado sea un beneficio para los productores al aumentar los ingresos por la venta del estiércol como subproducto para ser utilizado como abono.

**El control biológico** también puede ser una estrategia para disminuir las poblaciones de huevos y larvas en las praderas. Éste método consiste en el uso de antagonistas naturales para reducir el número de larvas a un nivel no perjudicial para los hospedadores (Szewc et al. 2021). Entre las distintas alternativas de agentes de control biológico están los artrópodos coprófagos y los nematófagos, como ácaros, nematodos y hongos micromicetos (Aguilar-Marcelino et al. 2017).

Con relación a los hongos nematófagos, existen algunos productos comerciales como el (Bioworma©) que usan Australia, Brasil, y Estados Unidos (Redden 2019). Esta herramienta debe ser orientada hacia animales que eliminen huevos de NGI en sus heces, ya que de otra manera se desperdiciaría el producto (Ojeda-Robertos et al. 2015). Además, es importante recordar que en época de secas la mayoría de los huevos de NGI no producen L3 por lo que el uso de los hongos se debe centrar a los meses de la época de lluvias para no desperdiciar el producto.

### Reducir la población de los NGI dentro del hospedero

El MIP no descarta el uso de AH en los rebaños, solamente sugiere el uso limitado para aquellos etapas fisiológicas, o aquellos individuos del rebaño, que realmente los necesitan. Esto implica un **uso racional** de AH que se debe basar en la construcción de criterios de desparasitación a la medida para cada situación a partir de: (1) Identificar la presencia de poblaciones de parásitos resistentes a los AH comerciales, mediante técnicas autorizadas por organismos internacionales y ejecutadas por expertos que sigan los lineamientos establecidos. Esto permitirá usar moléculas que son aún eficaces en cada rancho, (2) Identificar la distribución de cargas parasitarias en la población de ovinos o caprinos de una granja por diagnóstico coproparasitoscópico para clasificarlos en bajos, moderados o altos eliminadores, (3) Identificar a la población susceptible ya sea por el grupo etario, el estado fisiológico, el número de partos, el tamaño de camada, etc., en relación con la eliminación de huevos de NGI y otros umbrales clínicos, (4) Evaluar diferentes umbrales clínicos como el estado de ánimo deprimido *vs.* alerta, la producción láctea, la ganancia de peso, la coloración de la mucosa palpebral mediante FAMACHA©, la condición corporal, etc., (5) Planear y ejecutar esquemas de **Desparasitación Selectiva** de grupos de mayor riesgo, o esquemas de **Desparasitación Selectiva Dirigida** donde sólo se desparasita a los animales que lo necesita (Torres-Acosta et al. 2014).

Otra estrategia, además de los AH convencionales, es usar antiparasitarios no convencionales. Por un lado, se pueden usar extractos de **plantas con compuestos secundarios bioactivos**, a manera de fitoterapéuticos, que deberán ser evaluados y registrados como medicamentos antiparasitarios (Hoste et al. 2010). Por otro lado, se pueden usar las plantas que contienen compuestos secundarios como **nutracéuticos**, que servirán como alimentos que aportan micro y macronutrientes para los animales, además de aportar compuestos secundarios que tienen actividad AH (Hoste et al. 2016). Continúan los esfuerzos científicos para poder aprovechar racionalmente las plantas bioactivas mediante tecnologías de bajo costo. Actualmente se están estudiando los factores que afectan la disponibilidad anual de estas plantas así como la variabilidad en la cantidad y calidad de compuestos bioactivos (Ortíz-Ocampo et al. 2021 2022).

Desde finales del siglo XX se identificaron las **agujas de óxido de cobre (AOC)** como un AH no convencional. Las AOC fueron originalmente desarrolladas como un tratamiento para combatir la deficiencia de cobre de pasturas en ciertas regiones del mundo. Sin embargo, diversos estudios demostraron su efecto AH directo contra *H. contortus* y en menor medida contra otras especies de NGI (Martínez-Ortiz-de Montellano et al. 2007, Burke y Miller 2020). Actualmente, las AOC deben ser adquiridas en el mercado de Estados Unidos y deben ser aplicadas por un MVZ capacitado ya que un uso incorrecto puede ocasionar intoxicación por cobre (Martínez-Ortiz-de Montellano et al. 2007).

## Conclusión

La interacción **hospedero-parásito-ambiente** debe considerarse como nicho de oportunidad para el MIP. Cada estrategia que se incluya puede contribuir al control de la población parasitaria a lo largo de su ciclo de vida para reducir las densidad poblacional y las cargas parasitarias dentro del hospedero. Para que el MIP sea adoptado por productores y veterinarios será necesario un cambio de mentalidad en la sociedad que se base en comprender que sí es posible controlar a los NGI con métodos diferentes a los AH convencionales. Bajo el enfoque del *holobionte*, es imprescindible comprender que los ovinos y caprinos pueden vivir sanos y productivos en equilibrio con sus parásitos. Esta visión del MIP busca evitar o retrasar la RAH en las granjas de ovinos y caprinos en pastoreo. De esta manera, se logrará un control sustentable de los NGI basado en la correcta aplicación de la medicina preventiva y del bienestar animal.

<sup>1</sup>Departamento 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

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Carretera Merida-Xmatkuil KM 13.5. CP. 97315. Mérida, Yucatán, México.

<sup>3</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa Km 25. CP 86290. Villahermosa, Tabasco, México.

Martínez Ortiz de Montellano C, Torres Acosta JFJ, Ojeda Robertos NF, González Reyes L, Muñoz Marín SA. 2022. Manejo Integrado de Parásitos en Pequeños Rumiantes. *Bioagrociencias* 15(2):1-10.

## Referencias

Aguilar-Marcelino L, Mendoza-de-Gives P, Torres-Hernández G, López-Arellano M, Becerril-Pérez C, Orihuela-Trujillo A, Olmedo-Juárez A. 2017. Consumption of nutritional pellets with *Duddingtonia flagrans* fungal chlamydospores reduces infective nematode

- larvae of *Haemonchus contortus* in faeces of Saint Croix lambs. *Journal of Helminthology* 91:665-671.
- Bowman, D. 2019. *Georgi's Parasitology for veterinarians*. 11<sup>a</sup> ed. Missouri. Elsevier.
- Burke JM, Miller JE. 2020. Sustainable Approaches to Parasite Control in Ruminant Livestock. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 36:89-107.
- Bucher E, Torgerson PR, Hertzberg H. 2021. Helminthenkontrolle bei Ziegen durch die gemeinsame Weidenutzung mit Rindern. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 163:565-576.
- Corbett CJ, Love S, Moore A, Burden FA, Matthews JB, Denwood MJ. 2014. The effectiveness of faecal removal methods of pasture management to control the cyathostomin burden of donkeys. *Parasites & Vectors* 7:48.
- Cortés A, Rooney J, Bartley DJ, Nisbet AJ, Cantacessi C. 2020. Helminths, hosts, and their microbiota: new avenues for managing gastrointestinal helminthiasis in ruminants. *Expert review of anti-infective therapy* 18:977-985.
- Claerebout E, Geldhof P. 2020. Helminth Vaccines in Ruminants: From Development to Application. *Veterinary Clinic of North America Food Anim & Practice* 36:159-171
- El-Ashram S, Al Nasr I, Abouhajer F, El-Kemary M, Huang G, Dinçel G, Mehmood R, Hu M, Suo X. 2017. Microbial community and ovine host response varies with early and late stages of *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Research Communications* 41:263-277.
- Gárate-Gallardo L, Torres-Acosta JF, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro CA, Cámara-Sarmiento R, Canul-Ku HL. 2015. Comparing different maize supplementation strategies to improve resilience and resistance against gastrointestinal nematode infections in browsing goats. *Parasite* 22:19-22.
- Hoste H, Chartier C. 1997. Perspectives de lutte contre les strongyloses gastrointestinales. *Le Point Vétérinaire* 28:181-1187.
- Hoste H, Le Frielex Y, Goudeau C, Chartier C, Pors I, Broqua C, Bergeaud JP. 2002. Distribution and repeatability of nematode faecal egg counts in dairy goats: a farm survey and implications for worm control. *Research of Veterinary Science* 72:211-215.
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Quijada J, Chan-Perez I, Dakheel MM, Kommuru DS, Mueller-Harvey I, Terrill TH. 2016. Chapter Seven - Interactions between nutrition and infections with *haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Advances in Parasitology* 7:239-251
- Hoste H, Martínez-Ortiz-de-Montellano C, Manolaraki F, Brunet S, Ojeda-Robertos NF, Fourquaux I, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA. 2010. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Veterinary Parasitology* 186:18-27
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ. 2011. Non chemical control of helminths in ruminants: Adapting solutions for changing worms in a changing world. *Veterinary Parasitology* 180, pp. 144-154.
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Mueller-Harvey I, Sotiraki S, Louvandin H, Thamsborg SM, Terrill TH. 2015. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Veterinary Parasitology* 212:5-17.
- Martínez-Ortiz de Montellano C, Vargas-Magaña JJ, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro CA, Cob-Galera L, May-Martínez M, Miranda-Soberanis R, Hoste H, Cámara Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. 2007. Combining the effects of supplementary feeding and copper oxide needles for the control of gastrointestinal nematodes in browsing goats. *Veterinary Parasitology* 146:66-76.
- Moon CD, Carvalho L, Kirk MR, McCulloch AF, Kittelmann S, Young W, Janssen PH, Leathwick DM. 2021. Effects of long-acting, broad spectra anthelmintic treatments on

- the rumen microbial community compositions of grazing sheep. *Scientific Reports* 11: 3836.
- Navarre CB. 2019. New era of parasite control—BMPs for beef cattle. In: *AABP Proceedings of the Annual Conference* 52:103—109.
- Niamir-Fuller M. 2016. Towards sustainability in the extensive and intensive livestock sectors. *International Office of Epizootics, Revue scientifique et technique* 35:371—387.
- Ojeda-Robertos NF, Torres-Acosta JFJ, Mendoza-De-Gives P, González-Garduño R, Valero-Coss RO, Liébano-Hernández E, Ayala-Burgos A. 2015. Uso óptimo de clamidosporas de *Duddingtonia flagrans* contra *Haemonchus contortus* en heces de ovinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 18:259-265.
- Ortíz-Ocampo GI, Sandoval-Castro CA, González-Pech PG, Mancilla-Montelongo G, Ventura-Cordero J, Castañeda-Ramírez GS, Tun-Garrido J, Torres-Acosta JFJ. 2022. Month of harvest and leaf age impact the bromatological composition and polyphenol content of *Gymnopodium floribundum* rolfe leaves. *Agriculture* 12:1110.
- Redden R. 2019. *BioWorma: What is it?* Ranch and Rural Living; San Angelo. 100:20.
- Sréter T, Molnár V, Kassai T. 1994. The distribution of nematode egg counts and larval counts in grazing sheep and their implications for parasite control. *International Journal of Parasitology* 24:103-108.
- Szewc M, De Waal T, Zintl A. 2021. Biological methods for the control of gastrointestinal nematodes. *Veterinary Journal* 268: 105602
- Torres-Acosta JF, Pérez-Cruz M, Canul-Ku HL, Soto-Barrientos N, Cámara-Sarmiento R, Aguilar-Caballero AJ. 2014. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Ruminant Research* 121:27-35.
- Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, González-Pech PG, Mancilla-Montelongo MG, Ortega-Pacheco A, Aguilar-Caballero AJ, Santos-Ricalde RH, Sarmiento-Franco LA, Ramos-Bruno E, Torres-Fajardo RA, Méndez-Ortíz FA. 2021. Interacción entre la nutrición y los nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes pastoreando la selva baja caducifolia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24:1-18.
- Vercruyse J, Charlier J, Van Dijk J, Morgan ER, Geary T, von Samson-Himmelstjerna G, Claerebout E. 2018. Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology* 145:1655–1664.
- Walkden-Brown SW, Kahn L. 2002. Nutritional Modulation of Resistance and Resilience to Gastrointestinal Nematode Infection - A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 15:912-924.