

PONENCIAS MAGISTRALES

El “Arte de la Guerra” contra los nematodos gastro-intestinales en rebaños de ovinos y caprinos del trópico

Juan Felipe Torres-Acosta^{1*}, Hervé Hoste², Carlos Alfredo Sandoval-Castro¹, Rafael Arturo Torres-Fajardo¹, Javier Ventura-Cordero¹, Pedro Geraldo González-Pech¹, María Gabriela Mancilla-Montelongo³, Nadia Florencia Ojeda-Robertos⁴, Cintli Martínez-Ortíz-de-Montellano⁵

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, México

² Interactions Hôtes - Agents Pathogènes (IHAP), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse(ENVT), Université de Toulouse, Toulouse, Francia

³ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, México

⁴ División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, México

⁵ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México

Resumen

El presente trabajo profundiza los conceptos de las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) en rumiantes a la luz de nuevos hallazgos de la relación animal-parásito-vegetación y muestra cómo usar estos para orientar el uso racional de los métodos de control alternativo. Primeramente, se reflexiona acerca del control de NGI en la época actual y cómo el uso indiscriminado de los antihelmínticos (AH) ha generado un gran problema de resistencia a estos medicamentos. La investigación de NGI resistentes a AH ayudó a reconocer que las cargas elevadas de NGI se encuentran en una baja proporción de animales de cada rebaño. Esto permite plantear un nuevo paradigma de control basado en el uso selectivo de los AH solo en los animales que lo necesitan. Se propone que las bajas infecciones por NGI en los rebaños se deben a: (i) el uso de razas nativas resistentes a los NGI, (ii) la baja

infectividad de las praderas durante muchos meses del año, (iii) el consumo de plantas de la vegetación nativa tropical que contienen compuestos secundarios (CS) que afectan varias fases del ciclo de NGI, y (iv) conductas de pastoreo que limitan el consumo de fases infectantes en forrajes de baja altura a las horas de mayor infectividad. Se plantea la necesidad de usar alguna estrategia de desparasitación selectiva dirigida reduciendo problemas de falsos positivos y falsos negativos comunes a varias estrategias. Para reducir la dependencia por AH convencionales se requiere de métodos alternativos que afecten las fases fuera de los hospedadores o dentro de ellos. Posiblemente muchos productores ya estén usando algún método alternativo de control sin ser conscientes de esto. Por ejemplo, al usar animales de razas tropicales se aprovecha su capacidad de resistir a los NGI. Además, el pastoreo en vegetación de

selvas tropicales implica consumir plantas nutraceuticas que aportan nutrientes y CS con actividad AH. Las estrategias mencionadas pueden ser reforzadas con la suplementación dietética para mejorar la productividad y la respuesta inmune contra los NGI. Algunos productores podrían interesarse en la rotación de praderas, que sirve para evadir a las larvas infectantes en los potreros. En un futuro pudieran tener acceso a hongos nematófagos que pueden usarse para evitar que las larvas L3 salgan de las heces y contaminen los forrajes. Un elemento que será importante es la vacuna Barbervax® que utiliza un antígeno obtenido del intestino del *Haemonchus contortus* para generar anticuerpos contra ese parásito logrando reducciones de cargas parasitarias > 90%. En conclusión, es necesario seguir profundizando en la relación animal-parásito-vegetación para que ese conocimiento nos lleve a tomar mejores decisiones en cuanto a los métodos de control. Todo esto para permitir la sustentabilidad de la estrategia de control de NGI en cada rebaño.

Palabras clave: Era post-anthelmíntica. Métodos alternativos de control. Combinación de estrategias de control.

Introducción

Un principio del antiguo libro "El Arte de la Guerra" escrito por Sun Tsu entre los siglos VI y V antes de Cristo sugiere "evitar hasta donde sea posible usar armas para destruir al enemigo" (Tsu, 1999). Sin embargo, en la guerra contra los nematodos gastrointestinales (NGI) de los rumiantes domésticos hemos hecho exactamente lo contrario a esa antigua recomendación. La humanidad ha usado antihelmínticos (AH) como principal y a veces única arma para la lucha contra los NGI. Como hubiera sido anticipado en ese antiguo libro Chino, los parásitos están ganando la guerra basada solo en los AH. Los NGI utilizaron una antigua herramienta de la naturaleza: la selección de poblaciones genéticamente adaptadas para resistir a los AH. Estas drogas han dejado de funcionar en una gran proporción de rebaños sobre todo de zonas tropicales como se ha observado en Brasil (Salgado y Santos, 2016) y México (Herrera-Manzanilla et al., 2017). Consecuentemente, se requiere de un cambio

en el paradigma de control de NGI. Hace casi dos décadas se propuso este cambio en México (Torres-Acosta, 2000). En ese entonces se desconocía la situación de resistencia a los AH en México y se habían probado muy pocos métodos alternativos de control. Para inicios de la siguiente década ya se contaba con gran cantidad de trabajos que sugerían una situación alarmante de NGI resistentes a los AH en el continente americano (Torres-Acosta et al., 2012) y estos resultados parecen empeorar con el tiempo (Sepúlveda-Vázquez et al., 2017). En ese mismo período de tiempo se ha demostrado que diversos métodos alternativos de control de NGI son viables en condiciones tropicales (Torres-Acosta et al., 2014a). Varios de estos métodos de control atacan a las fases de vida libre de los NGI en los potreros, y otros atacan a los NGI en el interior de los animales. El nuevo paradigma de control de NGI debe basarse en el uso de diferentes métodos de control usados de manera simultánea y racional. Sin embargo, para que el nuevo paradigma tenga éxito sigue siendo necesario cumplir con otra antigua máxima de Tsu (1999): "conocer bien al enemigo (las especies de NGI, su estacionalidad, etc.) y conocerte a ti mismo" (las estrategias de control que vas a aplicar, las granjas, los animales, los potreros). En general, creemos conocer "bien" a los NGI, pero realmente no profundizamos en nuestro conocimiento acerca de ellos. En cuanto al conocimiento de nosotros mismos, tal vez sepamos algo de las granjas o las razas de los animales, pero tal vez no somos capaces de reconocer las debilidades y fortalezas de cada uno de los métodos alternativos de control de NGI existentes, o de sus posibles antagonismos o sinergias. Debemos ser totalmente conscientes de las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de control de NGI para poder usarlos correctamente. Además, debemos entender que los diferentes métodos de control deben ser usados dentro de una estrategia bien fundamentada ya que "las tácticas sin estrategia definida son el ruido antes de la derrota" (Tsu, 1999). El presente trabajo profundiza algunos conceptos de las infecciones por NGI en rumiantes a la luz de nuevos hallazgos de la relación animal-parásito-vegetación y muestra cómo usar el conocimiento de esta relación para orientar el uso racional de los métodos de control alternativo.

Desarrollo temático

Un nuevo paradigma para el control de NGI en rumiantes domésticos

Siguiendo con las enseñanzas de Tsu (1999), "las armas son instrumentos fatales que deben ser utilizadas cuando no hay otra alternativa". Sin embargo, una vez que la humanidad tuvo acceso a los modernos AH convencionales, con eficacias superiores al 95% de reducción contra los NGI, prácticamente todos los involucrados en la producción de rumiantes abandonaron cualquier método de control de NGI que hubieran usado antes de ese momento de la historia. La "era de los AH" nació como un parte aguas para la humanidad, en el que estas drogas fueron consideradas como la única "arma" de control confiable contra los NGI, capaz de mejorar la productividad y evitar signos clínicos de NGI en animales en pastoreo. El uso de los AH convencionales constituye todavía el paradigma del control moderno de los NGI. Sin embargo, los AH fueron usados de manera inadecuada y excesiva dando como resultado que, en pleno inicio de la segunda década del siglo XXI, se ponga en duda la sustentabilidad del control de NGI basado en AH en los rebaños de pequeños rumiantes del presente y el futuro.

Los diferentes trabajos de diagnóstico de resistencia a los AH han generado información en dos aspectos muy valiosos. El primero, es la elevada frecuencia de rebaños resistentes a los AH en diferentes zonas del mundo, que deja constancia de la alarmante situación en que se encuentran los rebaños en los que hay NGI resistentes a una o varias clases de AH. Estos resultados hacen evidente que el uso irracional de los AH está dando origen a una nueva era en el control de NGI: la "era post-antihelmínticos". Esta se define como el momento histórico de cada granja en el que los tratamientos con AH se vuelven innecesarios debido a que sus poblaciones de NGI son multirresistentes a todas las clases de AH, tanto en forma individual como en cualquier combinación. Tanto en Brasil como en México existen ya reportes de rebaños en los que ninguna de las clases de AH disponibles logran controlar a los NGI (Silva et al., 2018). El segundo aspecto, producto de estas investigaciones y tal vez

aun más valioso, es el conocimiento de la cantidad de animales que en cada rebaño muestran bajas eliminaciones de huevos de NGI por gramo de heces (HPG). Es bien conocido que la eliminación de HPG en heces nos aporta una idea muy precisa de la cantidad de NGI en el interior de los animales, ya que una baja eliminación de HPG se asocia a una baja carga de NGI en el animal y una alta eliminación de HPG se asocia a una alta carga de NGI en el animal (Mohammed et al., 2016). Lo anterior demuestran que en cada rebaño explorado hay muy pocos animales que tienen altas cargas de NGI, y que estos conviven con una gran mayoría de animales con pocos parásitos (Tabla 1).

Este fenómeno en el que la mitad de los animales tienen < 200 HPG se ha demostrado en rebaños caprinos, ovinos y bovinos de diferentes zonas tropicales de México (Torres-Acosta et al., 2014b; Medina-Pérez et al., 2015; Soto-Barrientos et al., 2018), y está siendo investigado en otras zonas tropicales de América latina.

Ambos resultados dan sustento a la necesidad de cambiar el paradigma de control de NGI en las granjas de rumiantes domésticos. Por un lado, se hace evidente la urgente necesidad de reducir nuestra dependencia por los AH convencionales y, por otro lado, también es evidente que hay muchos animales que no necesitan ser desparasitados pues naturalmente tienen bajas cargas de estos parásitos.

¿Por qué son pocos los animales que tienen altas cargas de NGI?

La sección anterior sugiere que los veterinarios y productores habían usado por décadas información superficial acerca de la realidad de las parasitosis por NGI en rumiantes en zonas tropicales húmedas y subhúmedas. Las infecciones por NGI se apreciaban como un peligro inminente para todos los animales en pastoreo (Cuadro 1). Ante este escenario de temor surgieron los AH convencionales en la segunda mitad del siglo XX (años 70s y 80s) como una herramienta para poder tener más animales por hectárea, evitando los efectos negativos de los NGI como el sufrimiento animal, la baja productividad y la mortalidad. Para muchos productores y veterinarios, encontrar un animal mostrando algún

signo asociado a las infecciones por NGI (diarrea, debilidad, anemia, baja condición corporal, edema sub-mandibular, etc.) es suficiente evidencia para desparasitar a todos los animales de un rebaño. La nueva información disponible acerca de la dinámica de las infecciones por NGI en rumiantes en pastoreo en zonas tropicales cálidas húmedas nos ha permitido actualizar y precisar nuestros conceptos acerca de los NGI y su control (Cuadro 1). Se ha demostrado que en las infecciones por NGI sólo son riesgosas en una pequeña proporción del rebaño.

De hecho, estas bajas cargas de NGI en la mayoría de los animales pudieran ser una demostración de adaptación mutua entre los parásitos y hospederos ya que a los primeros no les beneficia matar a su hospedero. Solo cuando otros factores afectan ese balance (como en la desnutrición o el parto) se presentan animales con problemas pues no pueden cubrir el costo de los parásitos. Por lo que es necesario desarrollar estrategias de control dirigidas a limitar a los NGI únicamente en esa pequeña proporción de animales de cada rebaño.

Tabla 1 - Distribución de la cantidad de huevos por gramo de heces (HPG) eliminados por ovinos o caprinos de zonas tropicales cálidas y templadas donde se puede ver que el 50% de la población muestreada (mediana) tiene solo de 50 a 200 HPG, el 75% de los animales (3er cuartil) eliminó entre 200 y 650 HPG, y la proporción de animales con más de 1000 HPG fue entre 2,8% y 27,9%

	Mínima	Mediana	3er cuartil	1000 HPG o mayor	Referencia
Regiones cálidas					
Tabasco (n = 900 ovejas)	0	100	550	16,8%	Medina-Pérez et al., 2015
Campeche n = 907 ovejas	0	100	350	11,8%	Sepúlveda-Vázquez et al., 2017
Yucatán n = 1500 cabras	0	100	650	27,9%	Torres-Acosta et al., 2014
Yucatán n = 2788 ovejas	0	100	650	15,%	Soto-Barrientos et al., 2018
Regiones templadas					
Querétaro n = 299 cabra	0	200	450	9,6%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Querétaro n = 141 cabras	0	100	200	1,4%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Morelos n = 942 ovejas	0	50	300	9,8%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Morelos n = 906 ovejas	0	150	400	8,8%	Martinez-Ortiz de Montellano*

Nota: * Datos no publicados.

Cuadro 1 - Productores y veterinarios que deben controlar las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) en las poblaciones de rumiantes domésticos en pastoreo de zonas tropicales tienen que cambiar de los conceptos erróneos imperantes en la actualidad (I) y adoptar nuevos conceptos (II) que permitirán un control más sustentable de estos parásitos

(I) Conceptos erróneos acerca de las infecciones por NGI en rumiantes en el trópico	(II) Conceptos nuevos acerca de las infecciones por NGI en rumiantes en el trópico
<p>(a) Los animales en pastoreo se infectan en todo momento con gran cantidad de fases infectantes (L3) de diferentes especies de NGI.</p> <p>(b) Todos los animales con infecciones mixtas de NGI están enfermos.</p> <p>(c) Todos los animales infectados con NGI tienen baja producción o mueren en comparación con animales no infectados.</p> <p>(d) El tratamiento con un AH eficaz beneficia a todos los animales infectados.</p>	<p>(a) Los animales en pastoreo se infectan en época de lluvia con cantidades variables de L3 de diferentes especies de NGI.</p> <p>(b) Sólo los animales con infecciones mixtas severas de NGI tienen signos de enfermedad.</p> <p>(c) Una baja proporción de animales infectados con NGI tienen baja producción o mueren por la infección.</p> <p>(d) El tratamiento con un AH eficaz no beneficia a los animales con pocos parásitos.</p> <p>(e) Los animales con cargas moderadas de NGI son igual de saludables y productivos que los animales libres de NGI.</p> <p>(f) No es necesario mantener libres de NGI a los animales en pastoreo mediante AH.</p> <p>(g) Los animales no desparasitados sirven como refugio de susceptibilidad a los AH para la granja sobre todo en época de seca.</p> <p>(h) En época de seca sólo desparasitar a los animales que realmente lo necesiten.</p>

La baja cantidad de animales con altas cargas de NGI en las granjas de zonas tropicales cálidas pudiera deberse a diferentes factores:

(i) *Las razas de animales de zonas tropicales tienen una gran capacidad de demostrar una respuesta innata o una respuesta inmune adquirida contra los NGI.* Esto resulta en animales de diferentes edades con bajas cargas de HPG en comparación con animales de razas menos adaptadas a NGI, aún cuando son expuestos a niveles de infecciones semejantes (Palomo-Couoh et al., 2016, 2017).

(ii) *Algunos rebaños de zonas tropicales cálidas húmedas pudieran tener baja cantidad de larvas infectantes de NGI en sus praderas.* La infectividad por NGI en la vegetación de zonas tropicales cálidas ha sido poco estudiada. Sin embargo, siempre se ha considerado que las condiciones del trópico cálido húmedo y subhúmedo son ideales para la sobrevivencia de las fases de vida libre de NGI. Sin embargo, el uso de animales centinelas pastoreando la selva de Yucatán, México, muestra que esta vegetación tiene baja o nula cantidad de larvas infectantes (L3) de NGI en época de seca (febrero a mayo) (Torres-Acosta et al., 2006), mientras que la cantidad de L3 del follaje aumenta gradualmente en época de lluvia, siendo escasa en junio y julio, y aumenta en los meses de agosto a diciembre. Aunque es muy probable que la infectividad en época de seca sea baja en general en zona tropicales cálidas, la infectividad en época de lluvia pudiera ser elevada en aquellos rebaños con altas cargas animales y en las que tengan animales de razas susceptibles a parásitos.

(iii) *Muchas plantas de la vegetación tropical contienen compuestos secundarios (CS) que reducen la infección por NGI al afectar diferentes fases de vida de los parásitos.* Numerosas plantas de las selvas tropicales contienen CS que afectan el establecimiento de las L3, o afectan la fecundidad de las hembras adultas de los NGI. También, pueden limitar la capacidad de sobrevivencia de los huevos de NGI depositados en las heces. Por lo tanto, los animales que se pueden alimentar con el follaje de las plantas nativas de las selvas tropicales pudieran tener una menor infección por NGI y reducir su eliminación de HPG (Méndez-Ortiz et al., 2019).

(iv) *Los animales que ramonean las selvas*

tropicales eligen consumir follaje de plantas de ramoneo a lo largo del día y hacia el medio día aumentan su consumo de pasto. Aparentemente los animales evitan consumir pasto cuando tiene rocío de la mañana, y aumentan su consumo de pasto al evaporarse el rocío en las horas más calientes del medio día (Torres-Fajardo et al., 2019). Esta conducta pudiera estar dirigida a evitar el pasto que contenga rocío, y que pudiera tener más L3. También pudiera sugerir que los animales primero consumen plantas con CS que eviten el establecimiento de las L3 para luego consumir el pasto que pudiera ser la porción más contaminada con L3.

Aplicar antihelmínticos en los animales que realmente los necesitan

En este escenario en donde una gran proporción de la población de rumiantes de una granja tienen pocos NGI es fácil imaginar que solo necesitamos desparasitar a los animales que tengan cargas que sí afectan su producción o su salud, y a los demás no necesitamos desparasitarlos. Es decir, debemos desarrollar alguna metodología que nos ayude a saber cuándo es necesario luchar contra los NGI y cuándo no. Estudios recientes han demostrado que la desparasitación selectiva dirigida (DSD) de ovinos y caprinos es posible y nos permite mantener un elevado porcentaje de animales del rebaño (> 60% de las hembras adultas) sin un solo tratamiento con AH a lo largo de un año (Cuadro 3).

Ahora se están estudiando varios protocolos de DSD para hacer este trabajo más sencillo y eficaz para regiones tropicales y templadas. De manera ideal, cualquier metodología de DSD debe ser sencilla de realizar y centrarse a encontrar a los animales con altas cargas de HPG. Sin embargo, en algunos países ya se aplica la DSD en animales con mucosas pálidas usando la metodología FAMACHA®, o con baja condición corporal, o con una ganancia de peso por debajo de cierto umbral (Cintra et al., 2019). Estos métodos de DSD buscan evitar la necesidad de tomar muestras de heces y analizarlas en laboratorio. Sin embargo, hasta el momento estas metodologías resultan en muchos falsos positivos que se desparasitan sin necesitarlo, y muchos falsos negativos se quedan sin desparasitar (Soto-Barrientos et al., 2018).

Cuadro 3 - Proporción de ovejas adultas que se mantienen sin desparasitar o con 1, 2, 3 o 4 o más desparasitaciones por año en diferentes sistemas de producción mantenidos con desparasitación selectiva dirigida combinando baja condición corporal o FAMACHA® pálida y eliminaciones de huevos por gramo de heces (HPG) iguales o superiores a 705 HPG (en Tabasco se usaron eliminaciones de iguales o mayores a 1000 HPG).

Tratamientos/oveja/año	Commercial Yucatán ¹ %	Backyard Yucatán ² %	Commercial Tabasco ³ %	Commercial Tamaulipas ⁴ %
0	63,5	68,1	65,5	33,3
1	23,2	25,2	17,8	63,3
2	10,5	6,7	8,0	3,3
3	2,9	0	4,5	0
4 o más	0	0	3,9	0

Nota: ¹Soto-Barrientos et al., 2018; ²González-Ruiz et al. (no publicado); ³Medina-Pérez et al., 2015; ⁴Zapata-Campos et al. (no publicado).

Uso de diferentes métodos alternativos para reforzar la estrategia de control contra NGI

En la actualidad se cuenta con varias estrategias alternativas de control de NGI que han sido probadas en sistemas de producción de ovinos y caprinos de México (Torres-Acosta et al., 2014a). Los diferentes métodos alternativos se pueden dividir en dos grupos: los que afectan a las fases de estos parásitos fuera del animal (fases de vida libre como huevos, L1, L2 y L3), y los que afectan a las fases de parásitos dentro del animal infectado. Todos esos métodos deben ser usados en una estrategia bien diseñada ya que **"Las tácticas sin estrategia son como el ruido antes de la derrota"** (Tsu, 1999). Cada productor deberá ser capaz de identificar los métodos que más le conviene usar, de acuerdo a la disponibilidad y a las necesidades de su granja.

En las zonas tropicales muchos productores ya están usando sin darse cuenta varios métodos de control alternativo contra los NGI. Incluso se podría decir que ya están logrando en gran medida **"Romper la resistencia del enemigo sin luchar"** (Tsu, 1999). Por ejemplo, muchos productores tienen animales de razas resistentes a los NGI (como el Pelibuey o el Panza negra), o están pastoreando vegetación que contienen CS con actividad AH, o están pastoreando plantas de ramoneo que por ser altas no contienen larvas L3. Estos productores pueden mejorar su control de los NGI en los animales de razas resistentes mediante la suplementación dietética que aporte energía y proteína para mejorar la calidad de la ración total. La

suplementación puede usarse para cubrir los costos metabólicos del parasitismo, que son menores que lo que se pensaba tradicionalmente. Los animales suplementados pueden mejorar su resiliencia e incluso resistencia contra los NGI, mejorando su producción mientras limitan los signos negativos de las infecciones por NGI (Méndez-Ortíz et al., 2019). Este método funciona muy bien en aquellas granjas donde el nivel nutricional es pobre o es deficitario en calidad o cantidad (Hoste et al., 2016). Sin embargo, el productor debe ser capaz de identificar cual nutriente es limitante y cuales están en bien o en exceso. Esto para evitar hacer una mala suplementación que no beneficie a los animales (Hoste et al., 2016).

Por otro lado, el consumo de plantas nutraceuticas aporta macronutrientes para favorecer la nutrición de los animales parasitados y contienen CS puede coadyuvar al controlar de diferentes fases del ciclo de los NGI como se mencionó anteriormente. Por lo tanto, los animales suplementados con plantas que aporten una dieta de buena calidad y que además contengan CS con actividad AH, puede llevar a la posibilidad de lograr buenas ganancias de peso y buena condición corporal, es decir ayudan a **"vencer sin combatir"** (Tsu, 1999). En esta misma filosofía los productores pueden implementar un método de rotación de praderas que limite el uso del follaje a 2 o 3 días y permita un descanso de la pradera por 30 días. Este manejo puede lograr que muchas larvas L3 mueran antes de que los animales vuelvan a esa misma pradera 30 días después. Además, los productores podrán utilizar en el futuro algún

producto que contenga hongos nematófagos como *Duddingtonia flagrans* como recientemente salió al mercado en Australia, Europa y Estados Unidos (Bioworma®). Los hongos *D. flagrans* atrapan a > 80% de las L3 en el interior de las heces de animales infectados utilizando sus estructuras atrapadoras tridimensionales para evitar que salgan de las heces a infectar las praderas. Tanto la rotación de praderas como el uso de hongos nematófagos son métodos que permiten alcanzar otro principio sugerido por Sun Tsu (1999): "Lleva a tu enemigo a un punto del que no puedan salir y morirán antes de poder escapar".

Otro método de control de NGI que está disponible para los productores en Australia y Sudáfrica es la vacuna Barvervax® o Wirevax® contra *Haemonchus contortus*. Esta vacuna puede servir para ilustrar otro principio de Tsu (1999): "Utiliza al enemigo para derrotar al enemigo". La vacuna está elaborada con un antígeno obtenido del intestino de estos parásitos. Los animales vacunados producen anticuerpos contra esa proteína después de tres aplicaciones consecutivas de la vacuna (una cada tres semanas). Cuando los parásitos en el animal vacunado se alimenten de sangre, esta contiene también los anticuerpos que afectan el intestino de los parásitos, causando una reducción de hasta el 90% en la eliminación de HPG en los vacunados, comparados con los no vacunados. Este método ya fue evaluado México en corderos Pelibuey en crecimiento con resultados excelentes (Cáceres-Mejía et al., 2016). Este ingenioso método también ilustra otro consejo de Tsu (1999): "Ataca a tu enemigo allí donde no esté preparado, aparece allí donde no te espere".

Conclusión

La "era post-antihelmíntica" es ya una realidad patente en algunas granjas de pequeños rumiantes de zonas tropicales. Para evitar que más granjas entren a esa etapa es necesario adoptar un nuevo paradigma de control de NGI que limite su dependencia por los AH comerciales, usándolos de manera selectiva. Para esto es evidente que hay mucho que aprender todavía de la interacción animal-parásito-vegetación. Solo el conocimiento

profundo de esa interacción nos permitirá maniobrar correctamente y adaptar los métodos de control de NGI a cada cambio de condiciones para lograr un control sustentable. El uso de numerosos métodos para el control de NGI es complejo y demanda conocimientos y planeación. Por lo tanto, para que esto realmente sea adoptado por los productores, ellos deben ser capaces de percibir las ventajas de controlar a los NGI, identificando las recompensas para el estado general del rebaño que esto trae consigo. Como veterinarios debemos lograr proveer estrategias que usen los diferentes métodos de manera razonable, sencilla y clara para lograr la satisfacción de los productores.

Referencias

- Cáceres-Mejía J, Torres-Acosta JFJ, Cámara-Sarmiento R, Alzina-López A, Aguilar-Caballero AJ, Smith D et al. Inmunización contra nematodos gastrointestinales en corderos Pelibuey bajo pastoreo en el trópico subhúmedo. XIX Congreso Internacional de Ovinocultura; 16-18 nov 2016; Toluca de Lerdo, México. 2016.
- Cintra MCR, Ollhoff RD, Weber SH, Sotomaior CS. Is the Famacha® system always the best criterion for targeted selective treatment for the control of haemonchosis in growing lambs? *Vet Parasitol.* 2019;266(2):67-72.
- Herrera-Manzanilla FA, Ojeda-Robertos NF, González-Garduño R, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Vet Parasitol Reg Stud Reports.* 2017;9(3):29-33.
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Quijada J, Chan-Perez I, Dakheel MM, Kommuru DS et al. Interactions between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Adv Parasitol.* 2016;93(1):239-351.
- Medina-Pérez P, Ojeda-Robertos NF, Reyes-García ME, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Rumin Res.* 2015;127(8): 86-91.

- Méndez-Ortiz FA, Sandoval-Castro CA, Ventura-Cordero J, Sarmiento-Franco LA, Santos-Ricalde RH, Torres-Acosta JFJ. *Gymnopodium floribundum* fodder as a model for the in vivo evaluation of nutraceutical value against *Haemonchus contortus*. *Trop Anim Health Prod.* 2019; doi.org/10.1007/s11250-019-01855-9.
- Mohammed K, Abba Y, Ramli NS, Marimuthu M, Omar MA, Abdullah FF et al. The use of FAMACHA in estimation of gastrointestinal nematodes and total worm burden in Damara and Barbados Blackbelly cross sheep. *Trop Anim Health Prod.* 2016;48(5):1013-20.
- Palomo-Couoh JG, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JFJ, González-Garduño R. Comparing the phenotypic susceptibility of Pelibuey and Katahdin female lambs against natural gastrointestinal nematode infections under hot humid tropical conditions. *Parasitol Res.* 2017; 116(6):1627-36.
- Palomo-Couoh JG, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JF, Magaña-Monforte JG. Evaluation of different models to segregate Pelibuey and Katahdin ewes into resistant or susceptible to gastrointestinal nematodes. *Trop Anim Health Prod.* 2016; 48(8): 1517-24.
- Salgado JÁ, Santos CDP. Overview of anthelmintic resistance of gastrointestinal nematodes of small ruminants in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2016;25(1): 3-17.
- Sepúlveda-Vázquez J, Lara-Del-Río MJ, Quintal-Franco JA, Alcaraz-Romero RA, Vargas-Magaña JJ, Rodríguez-Vivas RI, et al. Resistencia a los antihelmínticos de nematodos gastrointestinales en ovinos de la península de Yucatán, México. In: Berumen-Alatorre, A.C., Ramírez-Vera, S., Chay-Canul, A.J., Casanova-Lugo, F., Cetzal-Ix, W.R. *Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México.* Tecnológico Nacional de México; 2017. p. 199-202.
- Silva FF, Bezerra HMFF, Feitosa TF, Vilela VLR. Nematode resistance to five anthelmintic classes in naturally infected sheep herds in Northeastern Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2018;27(4):423-9.
- Soto-Barrientos N, Chan-Pérez JI, España-España E, Novelo-Chi LK, Palma-Ávila I, Ceballos-Mendoza AC et al. Comparing body condition score and FAMACHA® to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Rumin Res.* 2018;167(10):92-9.
- Sun Tsu. *El Arte de la Guerra.* Barcelona: Edicomunicación S.A.; 1999. 184 p.
- Torres-Acosta JFJ. Métodos alternativos de control de nemátodos gastrointestinales en caprinos del trópico. *Memorias de la XV Reunión Nacional sobre Caprinocultura;* Mérida, México; 2000. p. 9-17.
- Torres-Acosta JFJ, González-Pech PG, Chan-Pérez JI, Sandoval-Castro CA, Estrada-Reyes ZM, Mendoza-de-Gives P, et al. Experiencias en el control alternativo de nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes domésticos en México. En: Ortega-Pierres MA, Morales-Monto J. *Avances en el estudio de helmintos parásitos.* Editorial UNAM; 2014a. p. 205-41.
- Torres-Acosta JF, Jacobs DE, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro C, Cob-Galera L, May-Martinez M. Improving resilience against natural gastrointestinal nematode infections in browsing kids during the dry season in tropical Mexico. *Vet Parasitol.* 2006;135(2): 163-73.
- Torres-Acosta JF, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Caballero, AJ, Cuéllar-Ordaz JA. Anthelmintic resistance in sheep farms: update of the situation in the American continent. *Vet Parasitol* 2012; 189(1): 89-96.
- Torres-Acosta JFJ, Pérez-Cruz M, Canul-Ku HL., Soto-Barrientos N, Cámara-Sarmiento R, Aguilar-Caballero AJ et al. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Rumin. Res.* 2014b;121(1):27-35.