

Tannins as a Biological Control of Gastrointestinal Nematodes in Sheep

Taninos Como Control Biológico De Nematodos Gastrointestinales En Ovinos

Melissa Camila Ortiz-Pineda^{1*}, Diana María Bulla-Castañeda¹, Diego José García-Corredor¹, Martín Orlando Pulido-Medellín¹

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Grupo de Investigación en Medicina Veterinaria y Zootecnia – GIDIMEVETZ.*
melissa.ortiz@uptc.edu.co

ABSTRACT

Parasitic diseases caused by gastrointestinal nematodes (GIN) are considered a worldwide problem in animal production, especially in sheep. These infections can cause diarrhea, anemia, reduced weight gain, alteration to productive-reproductive parameters and death of the animals. Currently, the main control mechanism against NGI in sheep is based on the administration of anthelmintics, however the excessive and inappropriate use of these drugs has led to increased resistance in parasites and the presence of chemical residues in food products such as milk and meat, which leads to negative economic impacts favoring the abandonment of livestock activity and also representing a risk to public health and environmental pollution. Therefore, it is important to identify alternative control methods such as the use of tannins, which allow reducing the negative effects derived from the use of anthelmintics.

Key words

Intestinal Diseases, Parasitic; Phytotherapy; Pest Control, Biological; Sheep (DeCS).

RESUMEN

Las infecciones parasitarias ocasionadas por nematodos gastrointestinales (NGI) se consideran un problema a nivel mundial en producciones animales, especialmente en ovinos. Estas infecciones pueden generar diarrea, anemia, reducción de la ganancia de peso, alteración en parámetros productivos-reproductivos y en casos graves, la muerte de los animales. Actualmente, el principal mecanismo de control frente a los NGI en ovinos se basa en la administración de antihelmínticos, no obstante el uso desmedido e inapropiado de estos medicamentos ha conllevado al aumento de resistencia en los parásitos y a la presencia de residuos químicos en productos alimenticios como la leche y la carne, lo cual conduce a impactos económicos negativos favoreciendo el abandono de la actividad pecuaria y representando además un riesgo para la salud pública y la contaminación ambiental. Por lo anterior, es importante identificar métodos de control alternativos como el uso de taninos, que permitan reducir los efectos negativos que se derivan del uso de antihelmínticos.

Palabras clave

Parasitosis intestinales; fitoterapia; control biológico; ovinos (DeCS).

Parasitosis en ovinos

Una de las principales causas de la baja productividad y que se considera un factor limitante en las explotaciones ovinas, es la presencia de endoparásitos gastrointestinales (Rashid *et al.*, 2019), los cuales conllevan a disminución en la productividad y grandes pérdidas económicas debido al aumento de gastos relacionados con mano de obra, atención médica y tratamientos de origen químico que en ocasiones se emplean de manera continua e indiscriminada (Bosco *et al.*, 2020), generando además resistencia por parte de los parásitos ante algunos antihelmínticos, ocasionando a nivel mundial pérdidas mayores a \$300 millones de dólares anuales en producción y costos derivados del control de nematodos (Emery *et al.*, 2016).

Los ovinos son propensos a infecciones parasitarias debido a que su reproducción y cría se realiza en forma colectiva facilitando la transmisión de agentes parasitarios, lo que genera alteraciones en la salud de los animales provocando debilidad, anemia, retraso del crecimiento, gastroenteritis y diarrea, pérdidas embrionarias y alteraciones sobre la fecundidad, que se verá reflejado en el desarrollo anormal de actividades fisiológicas y por ende en pérdidas productivas (Tabla 1) (Díaz-Anaya *et al.*, 2017; Calvete *et al.*, 2020; Jacobson *et al.*, 2020; Mpopfu *et al.*, 2020; Paul *et al.*, 2020).

Tabla 1. Especies de NGI, localización y sintomatología en ovinos.

Especie	Localización	Sintomatología
<i>Haemochus contortus</i>	Tracto gastrointestinal	Anemia y diarrea hemorrágica con descensos en hematocrito
<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	Intestino delgado	Enteritis, diarrea, pérdida de peso y descensos en producción
<i>Strongyloides papillosus</i>		Pérdida de peso, diarrea y anemia
<i>Oesophagostomum columbianum</i>	Intestino grueso	Colitis ulcerativa, debilidad crónica y pérdidas en producción
<i>Chabertia ovina</i>	Colón	Anemia, hipoalbuminemia y pérdida de peso

Fuente: autores.

Los NGI más prevalentes en los ovinos son principalmente *H. contortus*, *T. colubriformis*, *O. columbianum*, *S. papillosus*, y *C. ovina* (Tabla 2) (Herrera *et al.*, 2013; Amarante, 2004 citado por Yoshihara *et al.*, 2013). En la mayoría de los casos las infecciones resultan ser mixtas, teniendo en cuenta la estrecha relación que mantienen con los huéspedes y el medio ambiente, por lo que se deben conocer las características tanto de la región como del sistema de explotación para lograr un manejo integrado de los mismos (Maqbool *et al.*, 2016). Sumado a lo anterior, se debe tener en cuenta que Nari (2003) indica que la distribución de estos parásitos es mundial y se presentan por lo general en países con zonas tropicales y subtropicales, por lo que la ocurrencia está determinada por condiciones climáticas y el estado en el que se encuentre el huésped.

Tabla 2. Características generales de los NGI que afectan ovinos

Superfamilia	Especie	Fase migratoria	Estadio infectante	Periodo de prepatencia
Trichostrongyloidea	<i>H. contortus</i>	No	L3	2 semanas
	<i>T. colubriformis</i>			
Strongyloidea	<i>C. ovina</i>	SI	L5	42 días
	<i>O. columbianum</i>		L3	45 días
Rhabditoidea	<i>S. papillosus</i>		L3 (dependiendo de la temperatura y la humedad)	8-14 días

Fuente: autores.

Resistencia antihelmíntica

La resistencia a los antihelmínticos es la habilidad que poseen los NGI para sobrevivir a los tratamientos que generalmente son efectivos en dosis recomendadas, mediante el desarrollo de mecanismos de defensa que anulan el efecto de los medicamentos, haciendo que su utilidad se vea limitada, debido a que actualmente los fármacos antihelmínticos son el principal método para controlar problemas relacionados con parásitos en los animales (Stewart *et al.*, 2020).

En el mercado existen varias familias de antiparasitarios con diferentes mecanismos de acción (Aguiar de Oliveira *et al.*, 2017), lo que ha generado grandes problemas derivados de su uso indiscriminado, ya sea al utilizar un

número elevado o insuficiente de dosificaciones, formulaciones de fármacos de acción prolongada, utilización de un mismo grupo químico durante tiempo prolongado y el uso de productos de baja calidad, contribuyendo así a la selección, desarrollo y establecimiento de parásitos resistentes (Kaplan *et al.*, 2020), lo que representa una amenaza para la seguridad alimentaria y a la vez impide la sostenibilidad en la cría de animales, resultando insostenible a nivel económico y ambiental (Toro *et al.*, 2014). La resistencia a antihelmínticos se presenta con mayor frecuencia en los ovinos, debido a métodos de cría, reproducción colectiva, características genético-fisiológicas y a sus dificultades para regular los casos de parasitismos gastrointestinales, requiriendo un mayor número de tratamientos para mantener un óptimo estado de salud (González-Garduño *et al.*, 2018).

Estudios alrededor del mundo, describen la presencia de resistencia antihelmíntica en ovinos. Ploeger y Everts (2018), mediante pruebas de reducción del recuento de huevos en materia fecal, reportan 78,3% de resistencia a la Ivermectina, 46,9% a la Moxidectina y 7,7% al Monepantel en ovinos de Holanda. Por otra parte, en 48 granjas de Costa Rica se reportó resistencia del 100% frente al Albendazol, 96% a la Ivermectina y 17% al Levamisol (Castro-Arnáez *et al.*, 2021). Otros autores, indican resistencia frente a Benzimidazoles (Albendazol, Fenbendazol y Mebendazol) Lactonas Macroclínicas (Ivermectina, Doramectina y Moxidectina), Closantel y Monepantel principalmente en *H. contortus*, *T. colubriformis* y *Teladorsagia circumcincta* (Claerebout *et al.*, 2020; Herrera-Manzanilla *et al.*, 2017; Mphahlele *et al.*, 2021).

En Colombia, Toro *et al.* (2014) reportan que *Teladorsagia* y *Trichostrongylus* presentan resistencia frente a Ivermectina y Fenbendazol. Por otra parte, García *et al.* (2016) evidenciaron multiresistencia donde los fármacos no mostraron una actividad superior al 79% (Albendazol: 0 a 55%, Fenbendazol: 51,4 a 76,6%, Ivermectina: 67,3 a 93,1%, Levamisol: 0 a 78,1% y Moxidectina: 49,2 a 64,1%), siendo *H. contortus* la especie predominante (96%), reportando por primera vez la existencia de múltiples resistencias antihelmínticas en NGI de ovinos en Colombia. Así mismo, Chaparro *et al.* (2017) demuestran que *H. contortus* y *Trichostrongylus spp* fueron resistentes a Benzimidazoles, Levamisol e Ivermectina. Finalmente, González *et al.* (2020) reportan una efectividad del 44% en Fenbendazol, 65% en Albendazol y 84% en Levamisol, frente a parásitos como *Cooperia curticei*, *H. contortus* y *Ostertagia spp.*, destacando que, en algunos casos, aunque la efectividad supera el 50% los medicamentos no son eficaces en la desparasitación en las producciones ovinas.

La rápida difusión de NGI a nivel mundial ha puesto en riesgo las estrategias farmacológicas para ejercer el control parasitario (González-Garduño *et al.*, 2014). Los reportes de resistencia frente a los principales tratamientos químicos usados a nivel mundial evidencian la dificultad en el control parasitario, sumado al daño ambiental ocasionado por los diferentes medicamentos por factores como la excreción directa de los mismos en las heces y en la orina de los animales, la eliminación inadecuada de envases y jeringas, y el daño generado en los artrópodos coprófagos, el ecosistema de los pastizales y factores edáficos del suelo (Aparicio-Medina *et al.*, 2011). Es por esto que se deben implementar estrategias alternativas y complementarias de control parasitario, para obtener resultados efectivos ante las infecciones recurrentes de los NGI (Charlier *et al.*, 2020; Arece-García *et al.*, 2014) y que además permitan prolongar la vida útil de los productos antihelmínticos disponibles en el mercado.

Control biológico

También llamado “biocontrol” se considera una estrategia ecológica que tiene por objetivo disminuir las poblaciones parasitarias a un nivel aceptable, así como minimizar sus efectos nocivos. Consiste principalmente en el uso de enemigos naturales de los nematodos, incluyendo parásitos, depredadores y patógenos para reducir el número de estados de vida libre en los pastos (Szewc *et al.*, 2021). Este ofrece alternativas eficientes y seguras en la reducción de poblaciones de larvas de NGI en fase de vida libre en las pasturas, a diferencia de los compuestos antihelmínticos cuyo objetivo es eliminar la totalidad de los parásitos en el animal. Sin embargo, lo que generalmente se emplea para el control de NGI son los compuestos químicos, que son utilizados de manera prolongada e inapropiada provocando el desarrollo de resistencia frente a diferentes moléculas (Medina *et al.*, 2014).

La problemática causada por el uso de los métodos químicos para el control parasitario impuso la necesidad de cambiarlos o complementarlos con enfoques y prácticas sustentables. Actualmente la investigación a nivel mundial está focalizada en el desarrollo de algunas estrategias basadas en el uso de plantas bioactivas (fitoterapia), el uso de animales genéticamente resistentes y el control con enemigos naturales como los hongos nematófagos (Márquez *et al.*, 2016), convirtiéndose en alternativas eficientes y seguras para la reducción de las poblaciones de larvas infectantes de NGI en las pasturas. Ejemplo de lo anterior, son los escarabajos coprófagos (*Scarabaeidae*, *Aphodiinae* y *Geotrupinae*), que intervienen en el control de parásitos gastrointestinales impidiendo que estos

desarrollen su ciclo biológico natural, permitiendo el aumento de la productividad agropecuaria y el bienestar del ganado (Servín-Pastor *et al.*, 2021; Mendivil-Nieto *et al.*, 2020).

Por otra parte, los hongos nematófagos (*Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella* y *Monacrosporium*), son capaces de formar un sistema micelar extensivo en el medio, empleando como recurso nutritivo las fases de vida libre de los nematodos, demostrando la reducción de las poblaciones de nematodos tanto en condiciones *in vitro* como *in vivo* mediante la formación de trampas de captura desarrolladas como resultado de estímulos externos ante el contacto con larvas de nematodos, estrés fisiológico o cuando hay nutrientes insuficientes (Saumell y Silvina, 2000; García *et al.*, 2016). Estudios previos (Rodríguez *et al.*, 2020; Ocampo-Gutiérrez *et al.*, 2021; Braga *et al.*, 2020) han permitido evidenciar que la infección abarca una serie de procesos que van desde el reconocimiento, adhesión, penetración, constricción y la inmovilización de los nematodos.

Plantas bioactivas

Los taninos o polifenoles vegetales ricos en metabolitos secundarios se encuentran ampliamente distribuidos en tallos, hojas e inflorescencias de diversas especies forrajeras y plantas dicotiledóneas. Pertenecen a las familias *Leguminosae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Fagaceae*, *Rhizophoraceae*, *Myrtaceae* y *Melastomatoceae* y se clasifican de acuerdo a su estructura molecular en taninos condensados (TC) o proantocianidinas y taninos hidrolizables (TH) (Vázquez-Flores *et al.*, 2012). Reza *et al.* (2021), Olmedo-Juárez *et al.* (2020), Sakti *et al.* (2020), Goué *et al.* (2020) y Giovanelli *et al.* (2018), han demostrado que estas plantas con metabolitos secundarios presentan actividad antiparasitaria frente a NGI y los efectos nematicidas de los taninos se deben a su capacidad por formar complejos con proteínas de los parásitos, afectando motilidad, desarrollo larvario y eclosión del huevo. Por lo anterior, y debido al impacto económico negativo de los NGI en las producciones ovinas y la creciente resistencia de los parásitos frente a los compuestos químicos, surge el interés de las propiedades antihelmínticas de los taninos, para establecer posibles alternativas de control integrado de NGI en producciones de pequeños rumiantes (Yoshira *et al.*, 2013).

Taninos hidrolizables (TH)

De acuerdo con Olivas-Aguirre *et al.* (2014), están compuestos de ésteres de ácido gálico unidos a una unidad central de carbohidrato generalmente d-Glucosa de bajo peso molecular, característica que los hace altamente solubles en agua y de fácil absorción por el intestino delgado. Su nombre, hace referencia a la fácil capacidad de hidrolizarse en presencia de ácidos, bases o enzimas tanto *in vitro* como *in vivo* y se concentran principalmente en las vainas de las frutas y en las hojas de los árboles. Torres-Acosta *et al.* (2008), afirman que los TH son potencialmente tóxicos en rumiantes, siendo responsables de numerosos efectos nocivos ya que pueden ser absorbidos en forma de *Pyragallol* y circular por el flujo sanguíneo provocando efectos hepatotóxicos y nefrotóxicos, generando en algunas ocasiones la muerte del animal dependiendo de las concentraciones presentes en el organismo.

Taninos condensados (TC) o proantocianidinas

Son una clase de flavonoides cuya ubicación en las plantas varía de acuerdo a la especie y sus efectos positivos o negativos en la producción animal dependen del peso molecular, contenido de galactocianinas y la cantidad de TC por Kg en materia seca (Furgasa *et al.*, 2018). Estos metabolitos secundarios se conjugan con las proteínas vegetales provenientes del forraje suministrado a los animales, dando lugar a un complejo estable con un pH que varía de 3,5 a 7; por el contrario, estos componentes se disocian de las proteínas en un pH inferior a 3,5 o superior a 8. Por lo tanto, las fuentes vegetales que contienen TC son protegidas de la degradación microbiana en el rumen, logrando su liberación en el abomaso y absorción en el intestino delgado (Gerlach *et al.*, 2018). Estos compuestos han sido ampliamente estudiados debido a que se reportan beneficios en la ingestión y digestión de los alimentos, incrementando la absorción de proteína en intestino delgado y por ende en la nutrición y producción de los pequeños rumiantes (Chiocchio *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2020).

Por otra parte, los TC han demostrado reducir cargas de NGI en los animales mediante un mecanismo de acción que puede ser directo e indirecto. Los efectos directos se basan en las interacciones que tiene sobre las funciones fisiológicas de los NGI, afectando los procesos de eclosión, desarrollo, alimentación, motilidad de larvas infectantes y reproducción de las fases adultas. Además, los taninos pueden alterar la cutícula de los NGI, que al estar formada por glicoproteínas forman complejos con los TC, evitando que las larvas desenvainen para convertirse en adultos (Zanoniani *et al.*, 2017).

El mecanismo de acción indirecto se debe a la formación de complejos (tanino-proteína), lo cual hace que las proteínas tengan un mayor valor biológico y puedan ser eficientemente utilizadas por la microbiota ruminal, lo que conlleva a la reducción de nutrientes disponibles para los NGI, ya que las proteínas asociadas al tanino pasan directamente al abomaso y por lo tanto se tendrá una mayor asimilación de las mismas para ser digeridas en forma de aminoácidos, factor que le permite al huésped mejorar su capacidad de defensa frente a los parásitos. Sin embargo, los mecanismos de acción se pueden alterar por condiciones propias del parásito y también por el desarrollo vegetal del TC (Sepúlveda-Vázquez *et al.*, 2018).

Otero e Hidalgo (2004) concluyen que forrajes con altos contenidos de TC permiten mejorar el estado nutricional de los animales y así los parámetros productivos y reproductivos; además, los TC pueden bloquear el ciclo biológico de los NGI en pasturas contaminadas, desarrollo larvario, reinfección y reducción de la viabilidad de los parásitos.

Propiedad antihelmíntica de los TC

El estudio *in vivo* de Saratsi *et al.* (2020) permitió demostrar el efecto antihelmíntico de los TC de *Ceratonía siliqua* en ovinos con NGI, encontrando modulación de la biología de los parásitos y reducción en el recuento de huevos fecales por alteraciones en las poblaciones de helmintos y reducción de la fecundidad en hembras adultas. Sin embargo, mencionan que la actividad antihelmíntica está influenciada por especie de nematodo (abomasal o intestinal) y la concentración y calidad de los TC, además sugieren que la mayor parte del efecto de los TC se relacionaron más con los parásitos abomasaes que intestinales como en el caso de *Ostertagia ostertagi* debida a una mayor concentración de TC en abomaso.

Por otro lado, extractos etanólicos y flavonoides glicosilados de *Gliricidia sepium* (*G. sepium*), *Leucaena leucocephala* y *Pithecellobium dulce* generan efectos reducidos sobre el envainamiento larvario de *H. contortus*. Sin embargo, *G. sepium* se destaca por presentar una mayor diversidad de compuestos potencialmente activos contra NGI y por sus efectos sobre el porcentaje de huevos larvados, huevos morulados y en la inhibición de eclosión de huevos de *H. contortus* en condiciones controladas, como lo reportan Romero *et al.* (2020). De igual forma, los TC de *Schinopsis quebracho-colorado* aumentan la asimilación de proteínas al disminuir la proteólisis ruminal, lo cual permite reparar los daños por NGI en la mucosa gastrointestinal, por lo que su incorporación en la dieta de los animales parasitados contribuye a una mejor defensa frente a *H. contortus* como lo reportan Costes-Thiré *et al.* (2020).

Antonio-Irinea *et al.* (2021) analizaron la actividad antihelmíntica de extractos acuosos de diversas plantas, entre las cuales se destacan *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, utilizando tres dosis (0.75, 1.00 y 1.25 ml), donde la dosis de 1.25 ml de ambos extractos fueron los más eficaces demostrando la inhibición de la eclosión de huevos de NGI en ovinos, donde predominaban parásitos como *H. contortus*, *Trichostrongylus spp.*, *Oesophagostomum spp.*, *Cooperia spp.*, y *Nematodirus spp.* siendo el más prevalente *Haemonchus spp.* (58.0%).

Así mismo, el extracto hidroalcohólico de vaina de *Leucaena leucocephala*, actúa inhibiendo la eclosión de huevos de nematodos en campo y afecta la viabilidad de las larvas infectivas L3. Así, el extracto evaluado por Rivero-Pérez *et al.* (2019), puede ser una alternativa no convencional para la prevención y control del ciclo de las parasitosis de pequeños rumiantes a nivel de campo.

Los estudios anteriormente reportados, demuestran la actividad biológica que ejercen plantas ricas en taninos frente a los nematodos gastrointestinales en ovinos alrededor del mundo, teniendo en cuenta, que estos metabolitos están ampliamente distribuidos incluso en plantas nativas de Colombia, lo cual representa la oportunidad de desarrollar futuras investigaciones que permitan establecer una solución para las dificultades que generan los NGI a nivel mundial.

Conclusión

El interés creciente por el uso de los TC simultáneamente con el control parasitario tradicional en ovinos, genera grandes perspectivas para un control eficiente de NGI. Esto permitiría un manejo responsable de los medicamentos antihelmínticos convencionales, minimizando la aparición de poblaciones de NGI multirresistentes a los grupos químicos comúnmente usados, descontaminación de pasturas, reducción de la contaminación ambiental y la prolongación de la vida útil de los fármacos que actualmente se usan y también los que se desarrollarán a futuro.

Referencias bibliográficas

- [1]. Aguiar de Oliveira, P., Riet-Correa, B., Estima-Silva, P., Barreto, A., Dos Santos, B., Paldes, M., Lopes, J., Schild, A. (2017). Multiple anthelmintic resistance in southern Brazil sheep flocks. *Revista brasileira de parasitologia veterinária*. 26 (4): 427-432. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612017058>
- [2]. Antonio-Irinea, N., Flota-Bañuelos, C., Hernández-Marín, A., Arreola-Enríquez, J., Fraire-Cordero, S. (2021). Estudio preliminar sobre la inhibición *in vitro* de nematodos gastrointestinales de ovinos con extractos acuosos de plantas forrajeras. *Abanico Veterinario*. 11:1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.10>
- [3]. Arece-García, J., López-Leyva, Y., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G. (2014). Evaluation of strategic and selective anthelmintic treatments on Pelibuey ewes in Cuba. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 27 (4): 273-281.
- [4]. Bosco, A., Kiebler, J., Amadesi, A., Varady, M., Hinney, B., Lanniello, D., Maurelli, M; Cringoli, G., Rinaldi, L. (2020). The threat of reduced efficacy of anthelmintics against gastrointestinal nematodes in sheep from an area considered anthelmintic resistance-free. *Parasites and Vectors*. 13 (457). <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04329-2>
- [5]. Braga, F., Ferraz, C., Da Silva, E., Araújo, J. (2020). Efficiency of the Bioverm® (*Duddingtonia flagrans*) fungal formulation to control *in vivo* and *in vitro* of *Haemonchus contortus* and *Strongyloides papillosus* in sheep. *3 biotec*. 10: 62. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-2042-8>
- [6]. Calvete, C., Gonzalez, J., Ferrer, L., Ramos, J., Lacasta, D., Delgado, I., Uriarte, J. (2020). Assessment of targeted selective treatment criteria to control subclinical gastrointestinal nematode infections on sheep farms. *Veterinary Parasitology*. 277: 109018. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.109018>
- [7]. Castro-Arnáez, I., Montenegro, V., Vargas-Leitón, B., Álvarez-Calderón, V., Soto-Barrientos, N. (2021). Anthelmintic resistance in commercial sheep farms in Costa Rica. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 23: 100506. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100506>
- [8]. Chaparro, J., Villar, D., Zapata, J., López, S., Howell, S., López, A., Storey, B. (2017). Multi-drug resistant *Haemonchus contortus* in a sheep flock in Antioquia, Colombia. 10: 29-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.07.005>
- [9]. Charlier, J., Höglund, J., Morgan, E., Geldhof, P., Vercruyse, J., Claerebout, E. (2020). Biology and epidemiology of gastrointestinal nematodes in cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. 36 (1): 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.001>
- [10]. Claerebout, E., De Wilde, N., Van-Mael, E., Casaert, S., Vande, F., Roeber, F., Vinueza, P., Levecke, B., Geldhof, P. (2020). Anthelmintic resistance and common worm control practices in sheep farms in Flanders, Belgium. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 20: 100393. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100393>
- [11]. Costa, S., Ribiero, T., Silva, R., Ribiero, J., Vieira, A., Lima, A., Barbosa, J., Bezerra, L., Oliveira, R. (2020). Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, serum metabolites and growth performance of lambs supplemented with *Acacia mearnsii* condensed tannin extract. *Ciencia y Tecnología de la Alimentación Animal*. 272: 114744.
- [12]. Costes-Thiré, M., Laurent, P., Ginane, C., Villalba, J. (2019). Diet selection and trade-offs between condensed tannins and nutrients in parasitized sheep. *Veterinary Parasitology*. 271: 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.05.013>
- [13]. Díaz-Anaya, A., Chavarro-Tulcán, G., Pulido-Medellín, M., García-Corredor, D., Vargas-Avella, J. (2017). Estudio coproparasitológico en ovinos al pastoreo en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Animal*. 39 (1): 1-8.
- [14]. Emery, D., Hunt, P., Le jambre, L. (2016). *Haemonchus contortus*: the then and now, and where to from here?. *International Journal of Parasitology*. 46 (12): 755-769. doi: 10.1016 / j.ijpara.2016.07.001.
- [15]. Furgasa, W., Abunna, F., Yimer, L., Haile, G. (2018). Review on Anthelmintic Resistance against Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminants: Its Status and Future Perspective in Ethiopia. *Journal of Veterinary Science & Animal Husbandry*. 6 (4): 407.
- [16]. García, C., Sprenger, L., Ortiz, E., Molento, M. (2016). First report of multiple anthelmintic resistance in nematodes of sheep in Colombia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 88 (1): 397-402. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140360>
- [17]. García-Corredor, D., Pulido-Medellín, M., Díaz-Anaya, A. (2016). Uso de hongos nematófagos en el control biológico de nematodos gastrointestinales en ovinos. Artículo de investigación. *Revista Logos Ciencia y Tecnología*, 7 (2): 40-49.

- [18]. Gerlach, K., Pries, M., Sudekum, K. (2018). Effect of condensed tannin supplementation on in vivo nutrient digestibilities and energy values of concentrates in sheep. *Small Ruminant Research*. 161: 57-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.01.017>
- [19]. Giovanelli, F., Mattellini, M., Fichi, G., Meloni, E., Flamini, G., Perruci, S. (2018). In vitro Anthelmintic Activity of Two Aloe-derived Active Principles against Sheep Gastrointestinal Nematodes. *Veterinary Sciences*. 5 (3): 78. <https://dx.doi.org/10.3390/v5030078>
- [20]. Gonzáles-Garduño, R., Mendoza-de Gives, P., Lopez-Arellano, M., Aguilar-Marcelino, L., Torres-Hernández, G., Ojeda-Robertos, N., Torres-Acosta, J. (2018). Influence of the physiological stage of Blackbelly sheep on immunological behaviour against gastrointestinal nematodes. *Experimental Parasitology*. 193: 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2018.08.003>
- [21]. González, A., Demares, P., Escobar, L., De la Hoz, D. (2020). Efecto de antiparasitarios de uso común en granjas ovinas ubicadas en Valledupar, Cesar. *Revistas de Investigaciones Andinas*. 22 (40). <https://doi.org/10.33132/01248146.1594>
- [22]. Goué, G., Azando, E., Adenilé, A., Koudandé, D., Crisóstomo, C., Hounzangbé-Adoté, S. (2020). Evaluation of the *in vivo* anthelmintic properties of *Mitragyna inermis* (Willd.) as a livestock dewormer against parasitic hematophagous worm *Haemonchus contortus* infections in different breeds of lambs. *Tropical Animal Health and Production*. 52 (1): 309-319. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02014-w>
- [23]. Herrera, L., Ríos, L., Zapata, R. (2013). Frecuencia de la infección por parásitos gastrointestinales en ovinos y caprinos de cinco municipios de Antioquia. *Revista MVZ Córdoba*. 18 (3): 3851-3860
- [24]. Herrera-Manzanilla, F., Ojeda-Robertos, N., Gonzales-Garduño, R., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J. (2017). Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 9: 29-33. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.04.007>
- [25]. Jacobson, C., Larsen J., Besier, R., Lloyd, J., Kahn, L. (2020). Diarrhoea associated with gastrointestinal parasites in grazing sheep. *Veterinary Parasitology*. 282: 109-139. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109139>
- [26]. Kaplan, R. (2020). Biology, Epidemiology, Diagnosis, and Management of Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes of Livestock. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 36 (1): 17-30. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.12.001>
- [27]. Paul, T., Rhaman, M., Haider, M., Saha, S. (2020). Fatal haemonchosis (*H. contortus*) in Garole sheep at coastal region in Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*. 7 (1): 107-112. <https://doi.org/10.3329/ralf.v7i1.46837>
- [28]. Maqbool, I., Wani, Z., Shahardar, R., Allaie, I., Shah, M. (2016). Integrated parasite management with special reference to gastro-intestinal nematodes. *Journal of Parasitic Diseases*. 41: 1-8. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0765-6>
- [29]. Márquez, D., Patiño, R., Cubides, J., Montero, K., Díaz, D., Gómez, Y. (2016). Capacidad predatora in vitro de hongos nematófagos nativos de Cundinamarca sobre nematodos gastrointestinales de Bovinos. *Revista de medicina veterinaria*. 31: 47-55.
- [30]. Medina, P., Guevara, F., La O, M., Ojeda, N., Reyes, E. (2014). Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nematodos gastrointestinales. *Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hautey"*. 37 (3): 257-263
- [31]. Mendivil-Nieto, J., Giraldo-Echeverri, C., Quevedo-Vega, C., Medina, C., Chara, J. (2020). Escarabajos estercoleros asociados a sistemas de ganadería sostenible en diferentes regiones de Colombia. *Biota Colombiana*. 21 (2): 134-141. <https://doi.org/10.21068/c2020.v21n02a09>
- [32]. Mphahlele, M., Tsotetsi-Khambule, A., Moerane, R., Komape, D., Thekiso, O. (2021). Anthelmintic resistance and prevalence of gastrointestinal nematodes infecting sheep in Limpopo Province, South Africa. *Veterinary World*. 14 (2): 302-313. www.doi.org/10.14202/vetworld.2021.302-313
- [33]. Mpofu, T., Nephawe, K., Mtileni, B. (2020). Gastrointestinal parasite infection intensity and hematological parameters in South African communal indigenous goats in relation to anemia. *Veterinary World*. 13 (10): 2226-2233. <https://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2020.2226-2233>
- [34]. Nari, A. (2003). Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. Dirección de Producción y Sanidad Animal de la FAO. ISSN 1014-1200.
- [35]. Ocampo-Gutiérrez, A., Hernández-Velázquez, V., Aguilar-Marcelino, L., Cardoso-Taketa, A., Zamilpa, A., López-Arellano, M., González-Cosrtazar, M., Hernández-Romano, J., Reyes-Estebanez, M., Mendoza, P. (2021). Morphological and molecular characterization, predatory behaviour and effect of organic extracts of four nematophagous fungi from Mexico. *Fungal Ecology*. 49: 101004. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2020.101004>

- [36]. Olivas-Aguirre, F., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G., López-Díaz, J., Álvarez-Parrilla, E., De la rosa, L., Ramos-Jiménez, A. (2014). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos de salud. *Nutrición hospitalaria*. 31 (1): 55-66. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- [37]. Olmedo-Juárez, A., Zarza-Albarran, M., Rojo-Rubio, R., Zamilpa, A., Gonzalez-Cortazar, M., Mondragón-Ancelmo, J., Rivero-Pérez, N., Mendoza de Gives, P. (2020). *Acacia farnesiana* pods (plant: Fabaceae) possesses anti-parasitic compounds against *Haemonchus contortus* in female lambs. *Experimental Parasitology*. 218: 107980. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2020.107980>
- [38]. Otero, M., Hidalgo, L. (2004). Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales (una revisión). *Livestock Research for Rural Development*. 16 (2).
- [39]. Ploeger, H., Everts, R. (2018). Alarming levels of anthelmintic resistance against gastrointestinal nematodes in sheep in the Netherlands. *Veterinary Parasitology*. 262: 11-15. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.09.007>
- [40]. Rashid, M., Rashid, M., Akbar, H., Ahmad, L., Hassan, M., Ashraf, K., Saeed, K., Gharbi, M. (2019). A systematic review on modelling approaches for economic losses studies caused by parasites and their associated diseases in cattle. *Parasitology*. 146: 129-141. doi: 10.1017 / S0031182018001282
- [41]. Rivero-Pérez, N., Jaramillo-Colmenero, A., Peláez-Acero, A., Rivas-Jacobo, M., Ballesteros-Rodea, G., Zaragoza-Bastidas, A. (2019). Actividad antihelmíntica de la vaina de *Leucaena leucocephala* sobre nematodos gastrointestinales de ovinos (*in vitro*). *Abanico Veterinario*. 9. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.95>
- [42]. Rodrigues, J., Alvarez, F., Silva, J., Ferreira, S., Da Costa, P., Sarmento, W., Feitosa, T; Araújo, J., Braga, F., Vilela, V. (2020). Predatory effects of the fungus *Arthrobotrys cladodes* on sheep gastrointestinal nematodes. *Biocontrol Science & Technology*. 30 (8): 830-839. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1775176>
- [43]. Sakti, A., Kustantinah., Nurcahyo, R., Baliarti, E., Suwignyo, B. (2020). In vitro anthelmintic activity of kersen leaf (*Muntingia calabura*) infusion against to *Haemonchus contortus* worm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 462: 012005. Doi:10.1088 / 1755-1315 / 462/1/012005
- [44]. Sepúlveda-Vázquez, J., Torres-Acosta, J., Sandoval-Castro, C., Martínez-Puc, J., Chan-Pérez, J. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 5 (2): 79-95.
- [45]. Servín-Pastor, M., Portela-Salomao, R., Caselín-Cuevas, F., Córdoba-Aguilar, A., Favila, M., Jácome-Hernández, A., Lozano-Sánchez, D., González-Tokman, D. (2021). Malnutrition and parasitism shape ecosystem services provided by dung beetles. *Ecological Indicators*. 121: 107205. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107205>
- [46]. Stewart, W., Scott, D., Howell, S., Kaplan, R., Roeder, B., Murphy, T. (2020). Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes and Associated Management Factors in Intermountain West Sheep Flocks. *Sheep and Goat Research Journal*. 35: 1-4.
- [47]. Toro, A., Rubilar, L., Palma, C., Pérez, R. (2014). Resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de ovinos tratados con ivermectina y fenbendazol. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 46 (2): 247-252. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000200010>
- [48]. Torres-Acosta, J., Alonso-Díaz, M., Hoste, H., Sandoval-Castro, C., Aguilar-Caballero, A. (2008). Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9 (1): 83-90.
- [49]. Vázquez-Flórez, A., Álvarez-Parrilla, E., López-Díaz, J., Wall-Medrano, A., De la Rosa, L. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Revista TECNOCIENCIA Chihuahua*. 6 (2): 84-93.
- [50]. Yoshira, E., Minho, A., Yamamura, M. (2013). Efeito anti-helmíntico de taninos condensados em nematódeos gastrintestinais de ovinos (*Ovis aries*). *Semina: ciências agrárias*, Londrina. 34 (2): 3935-3940.
- [51]. Zanoniani, R., Moraes, J., Donnini, F., Boggiano, P., Cadenazzi, M. (2017). Efecto de *Plantago lanceolata* sobre el nivel de Nematodos Gastrointestinales en Ovinos. *Veterinaria (Montevideo)*. 53 (206): 8-22.



Melissa Camila Ortiz Pineda. Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Uptc. Actualmente se desempeña como semillero de Investigación del Grupo de Investigación en Medicina Veterinaria y Zootecnia – GIDIMEVETZ. Ha participado en proyectos en el área de sanidad animal y se ha desempeñado como organizadora, asistente y ponente de eventos académicos y científicos a nivel nacional e internacional en salud y producción animal; ha sido autora de manuscritos en el área de parasitología veterinaria y beneficiaria de becas de investigación en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Investigación de Colombia y de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. melissa.ortiz@uptc.edu.co
https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001688239, <https://orcid.org/0000-0002-9761-7335>



Diana María Bulla Castañeda. Médico Veterinario Zootecnista, Magister en Ciencias Veterinarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Uptc. Actualmente se desempeña como Joven Investigadora Uptc del Grupo de Investigación en Medicina Veterinaria y Zootecnia – GIDIMEVETZ. Ha hecho parte de diversos proyectos en el área de sanidad animal, ha participado como ponente, organizadora y asistente de eventos académicos y científicos de ámbito nacional e internacional en salud y producción animal; así mismo, ha participado como autor principal y coautor en la escritura de diferentes manuscritos en revistas nacionales e internacionales. diana.bulla@uptc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-3740-9454>
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000167062



Diego Jose García Corredor. Médico Veterinario Zootecnista, MSc en Ciencias Biológicas, PhD (c) en Ciencias Biológicas y Ambientales. Profesor asistente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Uptc en el área de sanidad animal. Investigador del Grupo de Investigación en Medicina Veterinaria y Zootecnia GIDIMEVETZ (Categoría A1 en Minciencias). Sus intereses se enfocan en la comprensión de la interacción hospedero-patógeno y la epidemiología de agentes patógenos de interés en salud y producción animal. Ha participado en diferentes proyectos en salud animal. Se destaca por su participación en el desarrollo de eventos académicos y científicos nacionales e internacionales en la modalidad de ponente y organizador. diegojose.garcia@uptc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-5122-5435>
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001382127



Martin Orlando Pulido Medellín. Médico Veterinario, Especialista en Laboratorio Clínico Veterinario de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales y Magister en Ciencias Biológicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, con amplia experiencia en trabajo de campo, asistencia técnica profesional, docente en el área de Parasitología, enfermedades infecciosas, Patología clínica, coordinador del Grupo de Investigación en Medicina Veterinaria y Zootecnia - GIDIMEVETZ de la escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la UPTC desde el año 2001, actualmente docente titular de la institución. Ha participado en diferentes proyectos de investigación en el área de sanidad animal, ha participado como ponente, organizador y asistente de eventos académicos y científicos; así mismo, ha participado como autor principal y coautor de diferentes manuscritos en revistas nacionales e internacionales. martin.pulido@uptc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-4989-1476>
http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000318574