

Variación en la resistencia fenotípica a parásitos gastrointestinales en un rebaño de cabras

Variation in the phenotypic resistance to gastrointestinal parasites in a goat flock

Leticia de la Caridad Carballo-Silverio¹ <https://orcid.org/0000-0002-1208-4542>, Javier Arece-García¹ <https://orcid.org/0000-0001-7902-2701>, Yoel López-Leyva¹ <https://orcid.org/0000-0001-9111-4633> y Ramón Luck-Montero² <https://orcid.org/0000-0002-1393-9725>

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Edif. 161. Clayton, Ciudad del Saber, Panamá. Correo electrónico: leticia.caridad@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Evaluar la segregación fenotípica contra nematodos gastrointestinales a partir del conteo fecal de huevos en cabras lecheras del municipio Martí, en la provincia de Matanzas, Cuba.

Materiales y Métodos: El estudio se realizó en un rebaño caprino lechero en el municipio Martí, de la provincia de Matanzas, Cuba, de mayo a diciembre de 2017. Se tomaron muestras fecales individuales para la determinación del conteo fecal de huevos y se registró mensualmente la condición corporal de 52 reproductoras. Se establecieron cuartiles (Q), según el conteo fecal de huevos por mes. Se clasificaron como altos eliminadores, los animales que en 60 % de los muestreos estuvieron en el Q4; fueron bajos eliminadores los que en 60 % estuvieron en el Q1 y 40 % en los cuartiles intermedios, pero con conteo fecal de huevos que nunca fue superior a 1,500 huevos por gramo; la categoría de eliminadores intermedios correspondió a los animales que se hallaron en los intercuartiles Q2 y Q3.

Resultados: Se segregaron las cabras en tres grupos: cuatro clasificadas como bajas eliminadoras, 42 como intermedias, y seis como altas, con promedios de huevos en los conteos fecales de 485,9; 1 498,2 y 1 895,8 para cada grupo, respectivamente. La moda de la condición corporal en cada grupo no mostró diferencias (3).

Conclusiones: La segregación de las cabras mediante el conteo fecal de huevo permitió la identificación de la variabilidad fenotípica existente entre los animales en la susceptibilidad al parasitismo gastrointestinal. De este modo, se crean las bases para la evaluación, en un futuro, de un programa de mejoramiento genético mediante selección, para animales resistentes al parasitismo gastrointestinal.

Palabras clave: cabras, segregación fenotípica, nematodos gastrointestinales, resistencia genética

Abstract

Objective: To evaluate the phenotypic segregation against gastrointestinal nematodes from the fecal egg count in dairy goats of the Martí municipality, in Matanzas province, Cuba.

Materials and Methods: The study was conducted in a dairy goat flock in the Martí municipality, of Matanzas province, Cuba, from May to December, 2017. Individual fecal samples were taken for determining the fecal egg count and the body condition of 52 does was monthly recorded. Quartiles (Q) were established, according to the fecal egg count per month. The animals that in 60 % of the samplings were in Q4, were classified as high eliminators; the animals that in 60 % were in Q1 and 40 % in the intermediate quartiles were low eliminators, but with fecal egg count which was never higher than 1,500 eggs per gram; the category of intermediate eliminators corresponded to the animals that were found in the interquartiles Q2 and Q3.

Results: The goats were segregated in three groups: four classified as low eliminators, 42 as intermediate, and six as high, with egg averages in the fecal counts of 485,9; 1 498,2 and 1 895,8 for each group, respectively. The mode of the body condition in each group did not show differences (3).

Conclusions: The segregation of goats through fecal egg count allowed the identification of the existing phenotypic variability among the animals in the susceptibility to gastrointestinal parasitism. Thus, the bases are created for the evaluation, in the future, of a breeding program through selection, for gastrointestinal parasitism-resistant animals.

Keywords: goats, phenotypic segregation, gastrointestinal nematodes

Introducción

El control de la parasitosis gastrointestinal (PGI) representa un problema para la producción de pequeños rumiantes, ya que el uso de antihelmínticos de manera

frecuente e indiscriminada origina la aparición de resistencia a los fármacos principales (RA) (Martínez-Valladares *et al.*, 2015; Arece-García *et al.*, 2017). La principal especie de nematodo involucrada

Recibido: 15 de agosto de 2019

Aceptado: 20 de diciembre de 2019

Como citar este artículo: Carballo-Silverio, Leticia de la C.; Arece-García, J. & López-Leyva, Y. Variación en la resistencia fenotípica a parásitos gastrointestinales en un rebaño de cabras. *Pastos y Forrajes*. 43:50-55, 2020.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

en el desarrollo de resistencia ha sido *Haemonchus contortus* (Gasbarre *et al.*, 2015; Crook *et al.*, 2016). Sin embargo, otras especies como *Trichostrongylus colubriformis* (Van Den Brom *et al.*, 2015) y *Cooperia curticei* también se han informado (George *et al.*, 2018).

Debido al incremento en la frecuencia de casos de RA, se desarrollan variedad de alternativas de control, que no dependen del uso exclusivo de antihelmínticos de síntesis química. Con ellas se pretende disminuir la carga parasitaria, la presión de selección a que están usualmente sometidos los fármacos, así como los efectos de los nematodos gastrointestinales (NGI) en los animales (Campbell *et al.*, 2017, Westers *et al.*, 2017).

La selección de aquellos animales que presentan la capacidad de resistir o tolerar la infestación parasitaria es una de las alternativas para el control de NGI, por lo que es importante el estudio del desarrollo de la respuesta inmune en los animales, y de los factores que la afectan, especialmente ante la presencia de *H. contortus*. Este es un parásito que presenta marcada variación antigénica (Hussain *et al.*, 2014), y provoca en el animal mecanismos de defensa que permiten la eliminación de larvas infectantes y parásitos adultos (Lacroux *et al.*, 2006). Estos mecanismos dependen de varios factores, entre los que se incluye la alimentación adecuada (Hughes y Kelly, 2006).

La gran variabilidad genética de las cabras en respuesta a las infestaciones por nematodos gastrointestinales constituye una ventaja para su selección genética (Estrada-Reyes *et al.*, 2019). En la actualidad, la identificación de estos animales constituye un reto. Con este fin se realizan diferentes estudios de validación de modelos de segregación en ovejas (Palomo-Couoh *et al.*, 2016 y Palomo-Couoh *et al.*, 2017), pero en cabras son escasos los estudios acerca de la validación de modelos de segregación para animales resistentes o susceptibles al parasitismo gastrointestinal. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la segregación fenotípica contra nematodos gastrointestinales, a partir del conteo fecal de huevos en cabras lecheras del municipio Martí, en la provincia de Matanzas, Cuba.

Materiales y Métodos

Localización. El estudio se realizó de mayo a diciembre de 2017 en un rebaño caprino lechero del

municipio Martí, perteneciente a la provincia de Matanzas. Esta región se ubica en los 220 57' 9" de latitud Norte y 800 55' 0" de longitud Oeste.

Animales. Se utilizaron 52 cabras lecheras de diferente fenotipo, identificadas de forma individual mediante tatuajes en una de sus orejas, y en buen estado aparente de salud. En el momento de la investigación, el peso corporal de estos animales era de 42,5 kg. Como promedio tenían 5,5 años de edad y cuatro lactancias. Durante el estudio, los animales se encontraban entre los momentos finales de la gestación y semanas posteriores al parto.

Manejo. Las cabras pastoreaban en una vegetación arbustiva espontánea de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn.-*Acacia farnesiana* (L.) Willd. (90 % del área) y el complejo pitilla-jiribilla [*Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus-*Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf] como pasto base, en un área de 58,3 ha sometidas a un sistema de pastoreo continuo. Pastoreaban, como promedio, seis horas diarias y regresan en la tarde a naves de tenencia, donde contaban con agua y sales minerales a voluntad. No recibieron suplementación adicional.

Las desparasitaciones se realizaron de forma arbitraria, sin la existencia de un plan de control parasitario y sin evidencias de su registro. Los tratamientos los realizaron los mismos productores sobre la base de la estimación del peso vivo de los animales con Labiomec® (Ivermectina en dosis de 0,22 mg/ kg de PV, LABIOFAM¹, Cuba) y Labiozol® (Albendazol Sulfóxido en dosis de 5 mg/kg de PV, LABIOFAM, Cuba), en función de la disponibilidad de los medicamentos en el momento de la desparasitación.

Mediciones en los animales. Con frecuencia mensual, se determinó la condición corporal (CC) de cada reproductora mediante la metodología descrita por Ghosh *et al.* (2019). El valor mínimo de la escala (1) correspondió a los animales depauperados, y el máximo (5) a los de mejor condición corporal. Además, se extrajeron de manera directa 10 g de heces del recto de cada cabra y se colocaron en bolsas de nailon en anaerobiosis. Las muestras se procesaron por la técnica de McMaster, modificada para determinar el conteo fecal de huevos (CFH) de NGI. El número de huevos en heces se ajustó a un factor de corrección de 50 (Arece *et al.*, 2004).

Análisis estadístico. Cada mes se utilizó la distribución ordenada de CFH para generar cuantiles

¹Entidad cubana dedicada al desarrollo y producción de medicamentos, autorizada por el Ministerio de Salud Pública de Cuba, el CITMA, el Centro Estatal de Control de Medicamentos y por la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial.

(Q), según el modelo de segregación propuesto por Palomo-Couoh *et al.* (2016). Los conjuntos de valores del CFH determinaron tres puntos, que dividieron el conjunto de datos en cuatro grupos iguales. A partir de este procedimiento, la clasificación de los animales fue la siguiente:

Altos eliminadores: en 60 % de los muestreos los animales estaban en el Q3.

Bajos eliminadores: en 60 % se hallaban en el Q1, y en 40 % en los cuartiles intermedios, pero nunca CFH superiores a 1 500 huevos por gramo.

Eliminadores intermedios: correspondieron a los animales que se encontraban en los intercuartiles Q2 y Q3.

Los datos se procesaron en el software IBM SPSS® Statistic, para determinar cuartiles y modas. El CFH se transformó ($\log \text{CFH}+25$) para homogeneizar las varianzas y obtener la distribución normal de los datos. Se realizó análisis de medidas repetidas en el tiempo mediante el *PROC MIXED* del SAS (SAS Institute Inc., 2004) para determinar las diferencias en el conteo fecal de huevos por mes y por grupo, con nivel de significación de 0,05. Se utilizó la prueba de Tukey para la diferenciación entre las medias. Se evaluaron varias estructuras de covarianza, con el mejor ajuste para la Autoregresiva tipo I. Paralelo se determinó la moda de la nota de la condición corporal.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 aparece la clasificación de las cabras en función de la carga parasitaria. Se identificaron tres grupos de animales, según la susceptibilidad al parasitismo gastrointestinal: bajos, medios y altos eliminadores. Los animales clasificados como bajos eliminadores presentaron un promedio de huevecillos que no superó los 500 hpg, mientras que en los altos eliminadores el promedio fue superior a los 1,800 hpg, con diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos.

En estudios con este mismo modelo de segregación se observaron proporciones similares, al determinar las variaciones fenotípicas a la infección de

nematodos gastrointestinales en ovinos Pelibuey (Morteo-Gómez *et al.*, 2004). Esos resultados mostraron menor cantidad de animales resistentes o bajos eliminadores, con CFH de 418 y 5 911 hpg para los grupos bajos y altos eliminadores, respectivamente.

Palomo-Couoh *et al.* (2016) informaron también cifras similares, al evaluar varios modelos basados en el CFH para segregar ovejas Katahdin y Pelibuey. Estos autores refirieron que las ovejas clasificadas como resistentes tenían CFH más bajas que las susceptibles y las que estaban en el rango intermedio. A su vez, las susceptibles tenían mayores CFH con respecto a las intermedias y a las resistentes.

La variabilidad en la respuesta a la infestación parasitaria en cabras ha sido demostrada al menos en una porción de un rebaño que desarrolla cierto grado de resistencia, por la edad o por exposiciones previas al parásito (Vlassoff *et al.*, 1999). Sin embargo, a diferencia de los ovinos, son escasos los estudios realizados en cabra, referidos a la selección genética al parasitismo gastrointestinal (Hec-kendorn *et al.*, 2017).

La mayor cantidad de animales fueron segregados como eliminadores intermedios. Al analizar la estructura del rebaño referente a la susceptibilidad, se observó que 11,5 % de los animales están en el grupo de animales clasificados como altos eliminadores. Se demuestra así la distribución agregada de los parásitos en animales, donde una pequeña minoría alberga la mayor carga parasitaria (Zapata-Salas *et al.*, 2016).

Al analizar la condición corporal en los tres grupos, el valor que más se repitió (moda) fue 3, considerado como aceptable para cabras en gestación (valores de 3-3,5) como para cabras en lactación (valores de 2,5-3) (Ghosh *et al.*, 2019). En futuros estudios, en modelos de segregación, la CC se pudiera considerar como un indicador susceptible a la PGI, por tener relación con características productivas y reproductivas (Moeini *et al.*, 2014) y por su consideración en estrategias de tratamientos antiparasitarios selectivos (Cornelius *et al.*, 2014).

Tabla 1. Segregación de los animales en función del nivel de infestación parasitaria.

Clasificación	n	Conteo fecal de huevo, hpg			Condición corporal		
		Media	Mínimo	Máximo	Moda	Mínimo	Máximo
Bajos eliminadores	4	485,93 ^c	228,53	743,34	3	2,5	3
Eliminadores intermedios	42	1 498,21 ^b	1 271,41	1 725,01	3	1,5	4
Altos eliminadores	6	1 895,83 ^a	1 377,29	2 414,37	3	2	3

Letras diferentes en una misma columna difieren a $p < 0,05$

En la figura 1 se muestran los conteos fecales de huevos por mes en cada cuartil. Como era de esperar, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en los CFH en cada cuartil, con mayor nivel de infestación en agosto y septiembre. Esto coincide con el último período de la gestación e inicio de los partos, etapa en el que se describe un fenómeno conocido como elevación periparto. Este se presenta en las últimas semanas antes del parto, como resultado del incremento de los niveles de prolactina, que provoca el resquebrajamiento del sistema inmune y permite el incremento de la fecundidad de los parásitos o la salida de larvas que permanecían en hipobiosis (Craig, 2018). Este suceso posee gran importancia desde el punto de vista epizootológico, pues constituye una estrategia para la diseminación de los huevecillos en las áreas de pastoreo, y asegurar así la perpetuación de la especie tras la infestación de las crías.

Estos resultados también estuvieron influenciados por factores relacionados con el estado nutricional del rebaño, ya que la calidad del pasto consumido durante el período poco lluvioso (PPLL) suele ser clasificado de regular a malo (Sánchez *et al.*, 2003). La disponibilidad de materia seca en esta época reduce la posibilidad de establecer una respuesta inmunológica efectiva por parte de los animales a la infestación (Hoste *et al.*, 2008), lo que conlleva a alto nivel de parasitismo.

Al considerar que la segregación de animales resistentes al PGI depende, en gran medida, de la variación

del fenotipo, el indicador CFH se percibe como el de mayor importancia, por estar muy relacionado con la cantidad de parásitos adultos en el sistema digestivo (Ngongeh, 2017). La utilización de este indicador como criterio de selección genética es muy controversial en cabras, por poseer baja heredabilidad (Heckendorn *et al.*, 2017). Sin embargo, se pudiera tener en cuenta en estrategias de selección multicarácter. Se pudiera asumir el reto de incluir otros parámetros para determinar la respuesta inmune, como la coloración de la mucosa ocular el conteo de eosinófilos, las concentraciones de IgA e IgE, el grado de anemia y el hematocrito (Saddiqi *et al.*, 2012) y estudios complementarios que corroboren la existencia verdadera de animales genéticamente resistentes (González-Garduño *et al.*, 2017).

Conclusiones

La segregación de las cabras mediante el conteo fecal de huevos permitió la identificación de la variabilidad fenotípica existente entre los animales, en cuanto a la susceptibilidad al parasitismo gastrointestinal. De este modo se crean bases para la evaluación, en un futuro, de un programa de mejoramiento genético mediante selección, para animales resistentes al parasitismo gastrointestinal.

Agradecimientos

El trabajo fue financiado por el proyecto “Validación de un sistema integral de producción de ovejas y

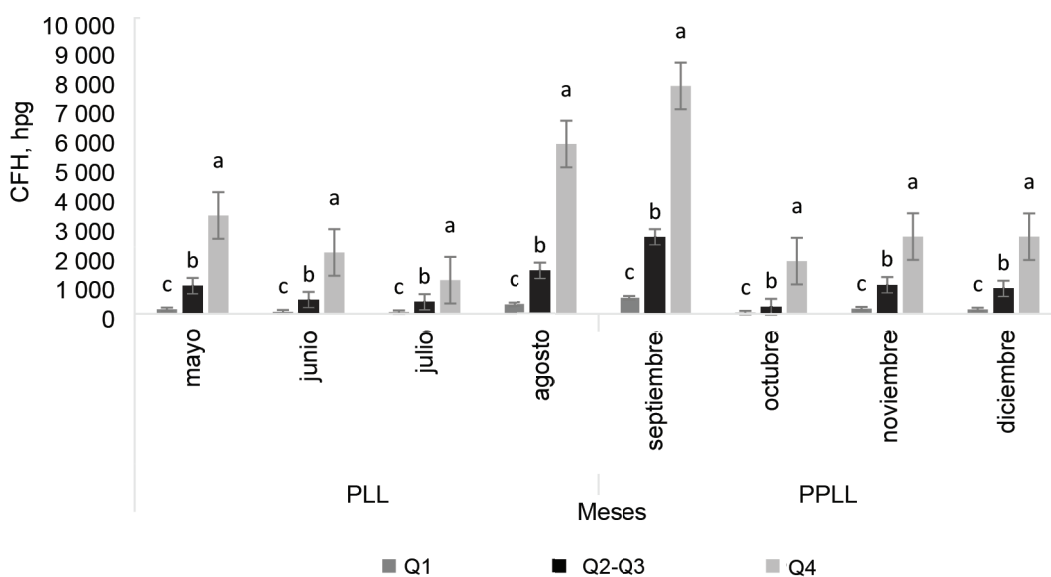


Figura 1. Dinámica del promedio del conteo fecal de huevos en cada cuartil.

PLL-Período lluvioso, PPLL-Período poco lluvioso, CFH-Conteo fecal de huevos, Q-Cuartil

cabras en Matanzas” del Fondo Financiero de Ciencia e Innovación del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, de la República de Cuba.

Contribución de los autores

- Leticia de la Caridad Carballo-Silverio. Participó en la concepción y diseño, el análisis e interpretación de los datos, redactó y revisó el artículo.
- Javier Arece-García. Participó en la concepción y diseño, a la adquisición, análisis e interpretación de los datos, redactó y revisó el artículo.
- Yoel López-Leyva. Participó en la adquisición, análisis e interpretación de los datos.
- Ramón Luck-Montero. Participó en la adquisición, análisis e interpretación de los datos y revisó el artículo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos entre ellos.

Referencias bibliográficas

- Arece, J.; Mahieu, M.; Archimède, H.; Aumont, G.; Fernández, M.; González, E. *et al.* Comparative efficacy of six anthelmintics for the control of gastrointestinal nematodes in sheep in Matanzas, Cuba. *Small Ruminant Res.* 54 (1-2):61-67, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.11.001>.
- Arece-García, J.; López-Leyva, Y.; Olmedo-Juárez, A.; Ramírez-Vargas, G.; Reyes-Guerrero, D.; Arellano, Ma. E. López *et al.* First report of multiple anthelmintic resistance in goat farm in Cuba. *Helminthologia.* 54 (4), 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/helm-2017-0037>.
- Campbell, B. J.; Pullin, N.; Pairis-García, M. D.; McCutcheon, J. S.; Lowe, G. D.; Campler, M. R. *et al.* The effects of alternative weaning strategies on lamb health and performance. *Small Ruminant Res.* 156:57-65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.09.006>.
- Cornelius, M. P.; Jacobson, C. & Besier, R. B. Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. *Vet. Parasitol.* 206 (3-4):173-181, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.10.031>.
- Craig, T. M. Gastrointestinal nematodes, diagnosis and control *Vet. Clin. N. Am.-Food A.* 34 (1):185-199, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.008>.
- Crook, E. K.; O'Brien, D. J.; Howell, S. B.; Storey, B. E.; Whitley, N. C.; Burke, J. M. *et al.* Prevalence of anthelmintic resistance on sheep and goat farms in the mid-Atlantic region and comparison of *in vivo* and *in vitro* detection methods. *Small Ruminant Res.* 143:89-96, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.09.006>.
- Estrada-Reyes, Z. M.; Tsukahara, Y.; Amadeu, R. R.; Goetsch, A. L.; Gipson, T. A.; Sahlu, T. *et al.* Signatures of selection for resistance to *Haemonchus contortus* in sheep and goats. *BMC Genomics.* 20 (1):735, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6150-y>.
- Gasbarre, L. C.; Ballweber, L. R.; Stromberg, B. E.; Dargatz, D. A.; Rodriguez, J. M.; Koprak, C. A. *et al.* Effectiveness of current anthelmintic treatment programs on reducing fecal egg counts in United States cow-calf operations. *Can. J. Vet. Res.* 79 (4):296-302, 2015.
- George, Melissa; Lopez-Soberal, Lorraine; Storey, B. E. & Kaplan, R. M. Motility in the L3 stage is a poor phenotype for detecting and measuring resistance to avermectin/milbemycin drugs in gastrointestinal nematodes of livestock. *IJP: Drugs and Drug Resistance.* 8 (1):22-30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpdr.2017.12.002>.
- Ghosh, C. P.; Datta, S.; Mandal, D.; Das, A. K.; Roy, D. C.; Roy, A. *et al.* Body condition scoring in goat: Impact and significance. *J. Entomol. Zool. Stud.* 7 (2):554-560, 2019.
- González-Garduño, R.; López-Arellano, María E.; Conde-de-Felipe, M. M.; Mendoza-de-Gives, P.; Aguilar-Marcelino, L. & Jaso-Díaz, G. Immune and haematological parameters of Blackbelly ewes infected with gastrointestinal nematodes. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 30 (3):219-230, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rccpv.30n3a05>.
- Heckendorn, F.; Bieber, A.; Werne, S.; Saratsis, A.; Maurer, V. & Stricker, C. The genetic basis for the selection of dairy goats with enhanced resistance to gastrointestinal nematodes. *Parasite.* 24:32, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/parasite/2017033>.
- Hoste, H.; Torres-Acosta, J. F.; Alonso-Díaz, M. Á.; Brunet, S.; Sandoval-Castro, C. & Adote, S. H. Identification and validation of bioactive plants for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Trop. Biomed.* 25 (1):56-72, 2008.
- Hughes, S. & Kelly, P. Interactions of malnutrition and immune impairment, with specific reference to immunity against parasites. *Parasite Immunol.* 28 (11):577-588, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3024.2006.00897.x>.
- Hussain, T.; Periasamy, K.; Nadeem, A.; Masroor, E. B.; Pichler, R. & Diallo, A. Sympatric species distribution, genetic diversity and population structure of *Haemonchus* isolates from domestic ruminants in Pakistan. *Vet. Parasitol.* 206 (3-4):188-199, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.10.026>.
- Lacroux, Caroline; Nguyen, T. H. C.; Andreoletti, O.; Prevot, F.; Grisez, Christelle; Bergeaud, J.-P. *et al.*

- Haemonchus contortus* (Nematoda:Trichostrongylidae) infection in lambs elicits an unequivocal Th2 immune response. *Vet. Res.* 37 (4):607-622, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1051/vetres:2006022>.
- Martínez-Valladares, M.; Geurden, T.; Bartram, D. J.; Martínez-Pérez, J. M.; Robles-Pérez, D.; Bohórquez, A. *et al.* Resistance of gastrointestinal nematodes to the most commonly used anthelmintics in sheep, cattle and horses in Spain. *Vet. Parasitol.* 211 (3-4):228-233, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.05.024>.
- Moeini, M. M.; Kachuee, R. & Jalilian, M. T. The effect of body condition score and body weight of Merghoz goats on production and reproductive performance. *J. Anim. Poultry Sci.* 3 (3):86-94, 2014.
- Morteo-Gómez, R.; González-Garduño, R.; Torres-Hernández, G.; Nuncio-Ochoa, Guadalupe; Becerril-Pérez, C. M.; Gallegos-Sánchez, J. *et al.* Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a la infestación con nematodos gastrointestinales. *Agrociencia.* 38 (4):395-404, 2004.
- Ngongeh, L. A. Variation in faecal worm egg counts of experimentally infected goats and mice with time of day and its implications in diagnosis of helminthosis. *J. Parasit. Dis.* 41 (4):997-1000, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0924-4>.
- Palomo-Couoh, J. G.; Aguilar-Caballero, A. J.; Torres-Acosta, J. F. & Magaña-Monforte, J. G. Evaluation of different models to segregate Pelibuey and Katahdin ewes into resistant or susceptible to gastrointestinal nematodes. *Trop. Anim. Health Prod.* 48 (8):1517-1524, 2016.
- Palomo-Couoh, J. G.; Aguilar-Caballero, A. J.; Torres-Acosta, J. F. J. & 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.* 116 (6):1627-1636, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5437-7>.
- Saddiqi, H. A.; Sarwar, M.; Iqbal, Z.; Nisa, M. & Shahzad, M. A. Markers/parameters for the evaluation of natural resistance status of small ruminants against gastrointestinal nematodes. *Animal.* 6 (6):994-1004, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731111002357>.
- Sánchez, Tania; Lamela, L. & López, O. Efecto de una asociación de leucaena con gramíneas mejoradas en la producción de leche. *Pastos y Forrajes.* 26 (2):137-, 2003.
- SAS Institute Inc. *SAS/STAT® User's Guide, Version 9.2.* Cary, USA: SAS Institute Inc., 2004.
- Torres-Acosta, J. F. J.; Sandoval-Castro, C. A.; Hoste, H.; Aguilar-Caballero, A. J.; Cámara-Sarmiento, R. & Alonso-Díaz, M. A. Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Ruminant Res.* 103 (1):28-40, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.10.016>.
- Van Den Brom, R.; Moll, L.; Kappert, C. & Vellema, P. *Haemonchus contortus* resistance to monepantel in sheep. *Vet. Parasitol.* 209 (3-4):278-280, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.02.026>.
- Vlassoff, A.; Bisset, S. A. & McMurtry, L. W. Faecal egg counts in Angora goats following natural or experimental challenge with nematode parasites: within-flock variability and repeatabilities. *Vet. Parasitol.* 84 (1-2):113-123, 1999.
- Westers, T.; Jones-Bittona, A.; Menzies, P.; Leeuwen, J. van; Poljak, Z. & Peregrine, A. S. Comparison of targeted selective and whole flock treatment of periparturient ewes for controlling *Haemonchus* sp. on sheep farms in Ontario, Canada. *Small Ruminant Res.* 150:102-110, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.03.013>.
- Zapata-Salas, R.; Velásquez-Vélez, R.; Herrera-Ospina, Liseth V.; Ríos-Osorio, L. & Polanco-Echeverry, Diana N. Prevalencia de nematodos gastrointestinales en sistemas de producción ovina y caprina bajo confinamiento, semiconfinamiento y pastoreo en municipios de Antioquia, Colombia. *Rev. investig. vet. Perú.* 27 (2):344-354, 2016.