

EN

Parasitological response of hair sheep to an experimental infection with gastrointestinal nematodes.

ES

Respuesta parasitológica de ovinos de pelo a una infección experimental con nematodos gastrointestinales

Rubén Morteo-Gómez¹ †; Glaforo Torres-Hernández^{1*}; Roberto González-Garduño²; Carlos Miguel Becerril-Pérez¹; Juan Manuel González-Camacho¹; Pablo Díaz-Rivera³; Jaime Gallegos-Sánchez¹; Javier Arece-García⁴

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, C. P. 56230 Montecillo, Edo. de México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria Sursureste, Teapa, Tab.

³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Tepetates, Ver.

⁴Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Central España Republicana, Matanzas, Cuba.

*Corresponding author:

glatohe@colpos.mx

Orcid: 0000-0002-0479-1191

Received: September 2, 2021 /

Accepted: November 1, 2021

DOI:

10.5154/r.chsat.2021.02.04

Abstract

The response of Pelibuey (P), Blackbelly (BB) and Dorper x Pelibuey (DxP) lambs to an experimental infection with gastrointestinal nematodes (GIN) was studied. Twenty-one two-month-old P, 15 three-month old BB, and 14 two-month-old DxP lambs, with live weights (LW) of 12.0 ± 3.2 , 13.6 ± 3.9 , y 13.0 ± 3.6 kg, respectively, were used. The experiment was carried out in two stages of 30 days each; at the first stage, the lambs were grazing, while in the second one they were confined. At both stages, the lambs were infected with 3,000 larvae of a mixture of gastrointestinal nematodes (L_3). Every seven days, fecal samples were taken to count the number of eggs per gram of feces (EPG) as well as blood samples to measure packed cell volume (PCV); in addition, their LW, body condition (BC), and color of ocular mucous (COM) were assessed. The BB and DxP lambs had the highest fecal egg counts ($5,259 \pm 654$ and $5,515 \pm 654$ EPG, respectively), while the P the lowest ($3,252 \pm 515$, $P < 0.01$). For the PCV, the most affected ($P < 0.01$) were the BB lambs (0.257 ± 0.005), because the P and DxP lambs had higher values (0.281 ± 0.004 and 0.275 ± 0.005). The resistance of P lambs to GIN was superior to that of BB and DxP lambs.

Key words: Gastrointestinal nematodes, *Haemonchus contortus*, humid tropic, live weight.

Resumen

Se estudió la respuesta de corderos Pelibuey (P), Blackbelly (BB) y Dorper x Pelibuey (DxP) a una infección experimental con nematodos gastrointestinales (NGI). Se utilizaron 21 corderos P de dos meses de edad, 15 BB de tres meses de edad, y 14 DxP de dos meses de edad, con pesos vivos (PV) de 12.0 ± 3.2 , 13.6 ± 3.9 , y 13.0 ± 3.6 kg, respectivamente. El experimento se efectuó en dos etapas de 30 días cada una, la primera en pastoreo y la segunda en confinamiento. En ambas etapas, los corderos se infectaron con 3,000 larvas (L_3) de una mezcla de NGI. Cada siete días se recolectaron muestras de heces para contar el número de huevos por gramo de heces (HPG)



Please cite this article as follows (APA 6): Morteo-Gómez, R., Torres-Hernández, G., González-Garduño, R., Becerril-Pérez, C. M., González-Camacho, J. M., Díaz-Rivera, P., Gallegos-Sánchez, J. & Arece-García, J. (2021). Parasitological response of hair sheep to an experimental infection with gastrointestinal nematodes. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 1(2), 41-55. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.chsat.2021.02.04>

y sangre para medir el volumen celular aglomerado (VCA), además de registrar su PV, condición corporal (CC) y la coloración de la mucosa ocular (CMO). Los corderos BB y DxP tuvieron mayores conteos fecales ($5,259 \pm 654$ y $5,515 \pm 654$ HPG), mientras que los P, los menores ($3,252 \pm 515$, $P < 0.01$). En el VCA, los corderos más afectados ($P < 0.01$) fueron los BB (0.257 ± 0.005), ya que los P y DxP tuvieron mayores valores (0.281 ± 0.004 y 0.275 ± 0.005). La resistencia de los corderos P a los NGI fue superior a la de los corderos BB y DxP.

Palabras clave: Nematodos gastrointestinales, *Haemonchus contortus*, trópico húmedo, peso vivo.

Introduction

The infection with gastrointestinal nematodes (GIN) is one of the main limiting factors for grazing sheep in the tropics (Torres-Acosta & Hoste, 2008). This infection is related to a high cost for using anthelmintics. Also, weight losses and occasionally, death of infected animals are recorded. Nowadays, control methods are focused on the minimal use of anthelmintics because their wide use has increased the resistance to deworming medications (Coles et al., 2006; Papadopoulos, 2008; Castro-Arnáez, Montenegro, Vargas-Leitón, Álvarez-Calderón, & Soto-Barrientos, 2021). A sustainable solution is the use of genetic resistance from the host to control the GIN and, in this sense, hair sheep breeds in the tropics, seem to have a unique genetic ability to resist or tolerate parasites (Notter, Andrew, & Zajac, 2003; Cruz-Tamayo et al., 2021). The genetic variation as a response of a parasite infection, has been documented within and between breeds (Aguerre et al., 2018), by taking into account most of the tropical and sub-tropical sheep, such as Barbados Blackbelly (Yazwinski, Goode, Moncol, Morgan, & Linnerud, 1979), Florida Native (Estrada-Reyes, Rae & Mateescu, 2021), Santa Cruz (Burke & Miller, 2004), Red Maasai (Baker, Mugambi, Audho, Carles, & Thorpe, 2004), Santa Inés (Amarante, Bricarello, Rocha, & Gennari, 2004), sheep from Canarias (González et al., 2008). These breeds are more resistant to GIN infections than those from temperate zones, for example, the Dorset and Rambouillet ones (Notter et al., 2003).

First signs related to genetic variation of sheep, in response of the GIN infection, are attributed to Ross (1932), who observed the resistance of sheep to infection. Some years later, Whitlock (1955) clearly defined the genetic variation in face of the challenge due to the GIN. Subsequently, several studies have been carried out in countries where anthelmintic resistance has been found, in order to seek a solution to this problem (Burke & Miller, 2004).

Introducción

La infección por nematodos gastrointestinales (NGI) constituye una de las principales limitantes en la producción de ovinos en pastoreo en los trópicos (Torres-Acosta & Hoste, 2008). Esta infección está asociada a un alto costo por el uso de antihelmínticos, además de que se registran pérdidas de peso y en algunos casos muerte de los animales infectados. Actualmente, los métodos de control se enfocan en el mínimo uso de los antihelmínticos debido a que su extenso uso ha aumentado la resistencia a los desparasitantes (Coles et al., 2006; Papadopoulos, 2008; Castro-Arnáez, Montenegro, Vargas-Leitón, Álvarez-Calderón, & Soto-Barrientos, 2021). Una solución sustentable es utilizar la resistencia genética del huésped para el control de los NGI y, en este contexto, las razas ovinas de pelo en los trópicos, parecen tener una habilidad genética única para resistir o tolerar a los parásitos (Notter, Andrew, & Zajac, 2003; Cruz-Tamayo et al., 2021). La variación genética en respuesta a una infección de parásitos ha sido documentada dentro y entre razas (Aguerre et al., 2018), involucrando a la mayor parte de ovinos tropicales y subtropicales, tales como Barbados Blackbelly (Yazwinski, Goode, Moncol, Morgan, & Linnerud, 1979), Florida Native (Estrada-Reyes, Rae & Mateescu, 2021), Santa Cruz (Burke & Miller, 2004), Red Maasai (Baker, Mugambi, Audho, Carles, & Thorpe, 2004), Santa Inés (Amarante, Bricarello, Rocha, & Gennari, 2004), ovinos de las Canarias (González et al., 2008). Estas razas son más resistentes a infecciones por NGI que las razas de regiones templadas como, por ejemplo, la Dorset y Rambouillet (Notter et al., 2003).

Los primeros indicios en relación con la variación genética del ovino en la respuesta a la infección por NGI se atribuyen a Ross (1932), quien observó la resistencia de ovinos a la infección. Años más tarde, Whitlock (1955) definió claramente la variación genética frente al desafío por NGI. Posteriormente se han efectuado varios estudios en países donde se ha encontrado

The search for resistant animals, recently, has included the determination of two mechanisms that participate in the nematode resistance: the innate resistance and the acquire one (Miller & Horohov, 2006), these are probably controlled by different genes (Benavides, Sonstegard, & Van Tassell, 2016). The innate resistance is manifested with the lower fecal egg of GIN counting during the first infection, while the acquired resistance occurs when young lambs are subjects at the beginning of the infection, but with a great ability to develop resistance as they face challenges (Roeber et al., 2011). The aim of the study was to compare three hair sheep genotypes to an experimental infection with gastrointestinal nematodes.

Methodological approach

Location of the experiment

The experiment was developed from April to July of 2016, within a sheep production unit located in the road to the “Ranchería Alvarado”, second section, municipality of Centro, Tabasco; 3.6 km from the junction of 25 km of the Villahermosa-Teapa Road. It is located at an altitude of 10 meters above sea level, with coordinates 17° 48' 21" latitude north and 92° 58'36" longitude west. The climate of the region is hot-humid with abundant rains in the summer and average annual temperature of 27.2 °C, with an average annual rainfall of 2,029.9 mm (CONAGUA, 2021).

Description of the experiment

Fifty male lambs were used: 21 two-month-old Pelibuey (P), 15 three-month-old Blackbelly (BB), and 14 two-month-old Dorper x Pelibuey (DxP), with live weights of 12.0±3.2, 13.6±3.9, and 13.0±3.6 kg, respectively. During the experiment, three lambs died (2 BB 1 DxP), at the end 21 P, 13 BB, and 13 DxP survived. Lambs were housed in a stable of 60 m², roofed with sheets of asbestos. The experiment was carried out in two stages of 30 days each (which was the maximum time that lambs where exposed to the parasite infection), with a health recovery period for lambs between stages of 30 days.

At the first stage, lambs were grazed in grasslands with common Bahia grass (*Paspalum notatum*) and were supplemented with 300 g·animal⁻¹·day⁻¹ of a commercial concentrate for sheep with 16 % of crude protein, and at the end of the experiment the ration was increased to 400 g·animal⁻¹·day⁻¹. Also, they were given water and mineral salt *ad libitum*.

The second stage was of full confinement with the same commercial feed mentioned above. At both

resistencia antihelmíntica, tratando de buscar una solución a este problema (Burke & Miller, 2004).

La búsqueda de animales resistentes ha incluido en las últimas fechas la determinación de los dos mecanismos que participan en la resistencia a los nematodos: la resistencia innata y la adquirida (Miller & Horohov, 2006), las cuales posiblemente están controladas por genes diferentes (Benavides, Sonstegard, & Van Tassell, 2016). La resistencia innata se manifiesta con el menor conteo fecal de huevos de NGI durante la primera infección, mientras que la resistencia adquirida ocurre cuando los corderos jóvenes son susceptibles al iniciarse la infección, pero con gran habilidad para desarrollar resistencia conforme se enfrentan a los desafíos (Roeber et al., 2011). El objetivo del estudio fue comparar tres genotipos de ovinos de pelo a una infección experimental con nematodos gastrointestinales.

Enfoque metodológico

Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo de abril a julio de 2016 en una unidad de producción ovina ubicada en la carretera que conduce a la “Ranchería Alvarado”, segunda sección, municipio de Centro, Tabasco; a 3.6 km del entronque del km 25 de la carretera Villahermosa-Teapa. Se localiza a una altitud de 10 msnm, con coordenadas 17° 48' 21" latitud Norte y 92° 58'36" longitud Oeste. El clima de la región es cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano y temperatura media anual de 27.2 °C, con una precipitación promedio anual de 2,029.9 mm (CONAGUA, 2021).

Descripción del experimento

Se utilizaron 50 corderos machos: 21 Pelibuey (P) de dos meses de edad, 15 Blackbelly (BB) de tres meses de edad, y 14 Dorper x Pelibuey (DxP) de dos meses de edad, con pesos vivos de 12.0±3.2, 13.6±3.9, y 13.0±3.6 kg, respectivamente. En el transcurso del experimento murieron tres corderos (2 BB 1 DxP), quedando al final 21 P, 13 BB, y 13 DxP. Los corderos se alojaron en una galera de 60 m², techada con láminas de asbesto. El experimento se realizó en dos etapas de 30 días cada una (que fue el tiempo máximo que los corderos se expusieron a la infección parasitaria), con un periodo de recuperación de salud para los corderos entre etapas de 30 días.

En la primera etapa, los corderos salían a pastorear en praderas de pasto nativo remolino (*Paspalum notatum*) y se suplementaban con 300 g·animal⁻¹·día⁻¹ de un concentrado comercial para ovinos con 16 % de proteína

stages, lambs were experimentally infected (day 1) (orally) with a dose of 3,000 larvae from a mix of third instar larvae (L_3) of *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei* (85 % and 15 %, respectively). Each seven days, feces and blood samples were collected from each lamb, the body condition (BC) was recorded on a scale of 1 to 5 (Pollot & Kilkenny, 1976), the color of ocular mucous (COM) on a scale of 1 to 5 with the FAMACHA method (Van Wyk & Bath, 2002), and the live weight (LW); these variables were measured for both stages. Three days before each stage, all lambs were dewormed with Levamisole Hydrochloride (12 %, Zoetis, Mexico) with a dose of $7.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ LW}$.

The feces samples were directly taken from the anus and the number of nematode eggs per gram of feces (EPG) were counted, with the use of the McMaster technique (Thienpont et al., 1986). In each sampling, all feces samples were grouped to grow them with the Curticelli method (Niec, 1968), to produce larvae L_3 and identify the existent nematode genus.

In order to determine the percentage of the packed cell volume (PCV), blood samples were taken by puncturing the jugular vein, with the use of Vacutainer tubes with EDTA as anticoagulant (Coffin, 1986) and capillary tubes were prepared to place them in a centrifuge (Rolco, model CH 24, Industria Argentina) during 5 minutes to 13,000 rpm.

Statistical analysis. An analysis of variance of repeated measurements in time with the use of the mixed model procedures of SAS (SAS, 2004) was carried out, in order to describe weekly changes in the EPG, the daily weight gain (DWG), the LW, the PCV, the COM, and the BC. The EPG variable was transformed into $[\text{Ln}(\text{EPG}+1)]$ to homogenize the variance and obtain an approach to the normal distribution. The statistical model used, considered the fixed effects of genotype, stage, time (as repeated effect), in addition to all the first order interactions:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + \delta_{ij} + E_k + T_l + (G^*E)_{ik} + (G^*T)_{il} + (E^*T)_{kl} + \varepsilon_{ijklm}$$

Where:

Y_{ijklm} = response variable (EPG, DWG, LW, PCV, COM, and BC).

G_i = effect of the i-th genotype (P, BB, and DxP).

δ_{ij} = random error of the lamb.

E_k = effect of the k-th stage (first, second).

T_l = effect of the l-th time (1, 15, 22, 30 days).

cruda, y al final del experimento se incrementó la ración a $400 \text{ g} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$. Además, se les proporcionaba agua y sal mineral *ad libitum*.

La segunda etapa fue de confinamiento total con el mismo alimento comercial indicado anteriormente. En ambas etapas los corderos fueron infectados (día 1) experimentalmente (vía oral) con una dosis de 3,000 larvas de una mezcla de *Haemonchus contortus* y *Cooperia curticei* (85 % y 15 %, respectivamente) en tercer estadio (L_3). Cada siete días se recolectaron muestras de heces y sangre de cada cordero, se registró la condición corporal (CC) en una escala de 1 a 5 (Pollot & Kilkenny, 1976), la coloración de la mucosa ocular (CMO) en una escala de 1 a 5 por el método FAMACHA (Van Wyk & Bath, 2002) y el peso vivo (PV); las mismas variables se midieron en ambas etapas. Tres días antes de cada etapa todos los corderos se desparasitaron con Clorhidrato de Levamisol (12 %, Zoetis, México) a dosis de $7.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ PV}$.

Las muestras de heces se recolectaron directamente del recto y se contabilizó el número de huevos de nematodos por gramo de heces (HPG), usando la técnica de McMaster (Thienpont et al., 1986). En cada muestreo se agruparon todas las muestras de heces para cultivarlas por el método de Curticelli (Niec, 1968), para producir larvas L_3 e identificar los géneros de nematodos presentes.

Para determinar el porcentaje del volumen celular aglomerado (VCA) se tomaron muestras de sangre por punción de la vena yugular, utilizando tubos vacutainer con EDTA como anticoagulante (Coffin, 1986) y se prepararon tubos capilares para colocarlos en una centrífuga (Rolco, modelo CH 24, Industria Argentina) durante 5 minutos a 13,000 rpm.

Análisis estadístico. Se efectuó un análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo utilizando el procedimiento de modelos mixtos del SAS (SAS, 2004), para describir los cambios semanales en el HPG, la ganancia diaria de peso (GDP), el PV, el VCA, el CMO, y la CC. La variable HPG se transformó a $[\text{Ln}(\text{HPG}+1)]$ para homogeneizar la varianza y obtener una aproximación a la distribución normal. El modelo estadístico utilizado incluyó los efectos fijos de genotipo, etapa y tiempo (como efecto repetido), además de todas las interacciones de primer orden:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + \delta_{ij} + E_k + T_l + (G^*E)_{ik} + (G^*T)_{il} + (E^*T)_{kl} + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = variable de respuesta (HPG, GDP, PV, VCA, CMO, y CC).

$(G^*E)_{ik}$ = effect of the genotype by stage interaction.

$(G^*T)_{il}$ = effect of the genotype by time interaction.

$(E^*T)_{kl}$ = effect of the stage by time interaction.

ε_{ijklm} = experimental error related to repetitions.

G_i = efecto del i-ésimo genotipo (P, BB, y DxP).

δ_{ij} = error aleatorio del cordero.

E_k = efecto de la k-ésima etapa (primera, segunda).

T_l = efecto del l-ésimo tiempo (1, 15, 22, 30 días).

$(G^*E)_{ik}$ = efecto de la interacción genotipo por etapa.

$(G^*T)_{il}$ = efecto de la interacción genotipo por tiempo.

$(E^*T)_{kl}$ = efecto de la interacción etapa por tiempo.

ε_{ijklm} = error experimental asociado a las repeticiones.

Results

The analysis of variance (Table 1) showed significant differences between genotypes ($P<0.01$) in the nematode eggs per gram of feces counting, PCV and body condition, while the time influenced all response variables ($P<0.01$). On the other side, a genotype x stage interaction effect was observed in the EPG, PCV, COM and BC; also, a genotype x time interaction was found ($P<0.01$) in the DWG and the LW; and the stage x time interaction affected ($P<0.01$) all variables, except EPG.

Table 1. Statistical significance (F values) for the variables number of eggs per gram of feces (EPG), average daily weight gain (DWG), live weight (LW), packed cell volume (PCV), color of ocular mucous (COM), and body condition (BC) of three genotypes of hair sheep.

Cuadro 1. Significancia estadística (valores de F) de las variables número de huevos por gramo de heces (HPG), promedio de ganancia diaria de peso (GDP), peso vivo (PV), volumen celular aglomerado (VCA), color de la mucosa ocular (CMO), y condición corporal (CC) de tres genotipos de ovinos de pelo.

Variables / Variables							
Effect / Efecto	D.F. / G.L.	EPG / HPG	DWG / GDP	LW / PV	PCV / VCA	COM / CMO	BC / CC
Genotype (G) / Genotipo (G)	2	4.8**	1.69	2.76	6.91**	0.69	8.33**
Stage (E) / Etapa (E)	1	0.19	0.84	617.98**	3.30	201.23**	95.98**
G x E / G x E	2	10.56**	3.75	0.64	30.21**	7.10**	5.47**
Time (T) / Tiempo (T)	2	69.05**	12.22**	101.18**	65.11**	110.20**	12.68**
G x T / G x T	4	2.4	2.93**	2.47**	1.47	0.99	2.05
E x T / E x T	2	4.7	5.24**	10.39**	39.19**	50.94**	23.56**

** $:(P\leq 0.01)$.

Fecal nematode egg counting

BB and DxP lambs had higher averages of EPG ($5,259 \pm 654$ y $5,515 \pm 654$ EPG, respectively: Table 2), than P lambs ($3,252 \pm 515$ EPG, $P<0.01$).

The elimination of EPG strongly increased from the day 22 ($5,614 \pm 521$ EPG, $P<0.01$) and 30 post-inoculation ($8,135 \pm 521$ EPG, $P<0.01$).

The behavior of each genotype was different for both stages developed. At the first stage, the BB lambs had high egg GIN counting ($7,281 \pm 890$ EPG), which decreased during the second stage ($3,237 \pm 890$ EPG, $P<0.01$). In the P lambs, the EPG countings were similar at both stages ($3,541 \pm 701$ and $2,963 \pm 701$ EPG, for the first and second stage, respectively), while in the DxP lambs, the fecal egg counting was lower at the first stage ($3,636 \pm 890$ EPG) and it increased at the second one ($7,395 \pm 890$ EPG, $P<0.01$, Figure 1).

Resultados

El análisis de varianza (Cuadro 1) mostró diferencias significativas entre genotipos ($P<0.01$) en el conteo fecal de huevos de nematodos, VCA y condición corporal, mientras que el tiempo influyó en todas las variables de respuesta ($P<0.01$). Por otra parte, se observó interacción del genotipo y la etapa en el HPG, VCA, CMO y CC; también se encontró interacción en el genotipo x tiempo ($P<0.01$) en la GDP y el PV; y la interacción etapa x tiempo afectó ($P<0.01$) a todas las variables, a excepción de HPG.

Conteo fecal de huevos de nematodos

Los corderos BB y DxP tuvieron promedios mayores de HPG ($5,259 \pm 654$ y $5,515 \pm 654$ HPG, respectivamente; Cuadro 2), que los corderos P ($3,252 \pm 515$ HPG, $P<0.01$).

Table 2. Mean \pm standard error of the variables of number of eggs per gram of feces (EPG), daily weight gain (DWG), live weight (LW), packed cell volume (PCV) color of ocular mucous (COM), and body condition (BC) per genotype, stage and time in Pelibuey (P), Blackbelly (BB), and Dorper x Pelibuey (DxP) lambs.

Cuadro 2. Medias \pm error estándar de las variables número de huevos por gramo de heces (HPG), ganancia diaria de peso (GDP), peso vivo (PV), volumen celular aglomerado (VCA, color de la mucosa ocular (CMO), y condición corporal (CC) por genotipo, etapa y tiempo en corderos Pelibuey (P), Blackbelly (BB), y Dorper x Pelibuey (DxP).

	EPG / HPG	DWG (kg) / GDP (kg)	LW (kg) / PV (kg)	PCV / VCA	COM / CMO	BC / CC
Genotype / Genotipo						
P	$3,252 \pm 515^b$	0.108 ± 0.011^a	16.5 ± 0.61^a	0.281 ± 0.004^a	3.3 ± 0.06^a	2.2 ± 0.07^b
BB	$5,259 \pm 654^a$	0.116 ± 0.014^a	18.4 ± 0.78^a	0.257 ± 0.005^b	3.4 ± 0.08^a	2.2 ± 0.07^b
DxP	$5,515 \pm 654^a$	0.140 ± 0.014^a	18.5 ± 0.78^a	0.275 ± 0.005^a	3.4 ± 0.08^a	2.6 ± 0.09^a
Stage / Etapa						
First / Primero	$4,819 \pm 482^a$	0.114 ± 0.011^a	14.2 ± 0.45^b	0.267 ± 0.003^a	2.9 ± 0.05^b	2.1 ± 0.06^b
Second / Segundo	$4,531 \pm 482^a$	0.129 ± 0.011^a	21.4 ± 0.45^a	0.275 ± 0.003^a	3.9 ± 0.05^a	2.7 ± 0.06^a
Time / Tiempo						
Day 1 / Día 1	-----	-----	15.8 ± 0.44^d	0.300 ± 0.004^a	4.0 ± 0.05^a	2.3 ± 0.57^c
Day 15 / Día 15	277 ± 521^a	0.182 ± 0.01^a	17.8 ± 0.44^c	0.283 ± 0.004^b	3.5 ± 0.05^b	$2.5 \pm 0.57_a$
Day 22 / Día 22	$5,614 \pm 521^b$	0.069 ± 0.01^b	18.3 ± 0.44^b	0.259 ± 0.004^c	3.2 ± 0.05^c	2.4 ± 0.57^b
Day 30 / Día 30	$8,135 \pm 521^c$	0.114 ± 0.01^c	19.2 ± 0.44^a	0.242 ± 0.004^d	2.9 ± 0.05^d	2.3 ± 0.57^c

a,b,c,d: different letters between columns differ ($P<0.05$). / a,b,c,d: literales distintas entre columnas difieren ($P<0.05$).

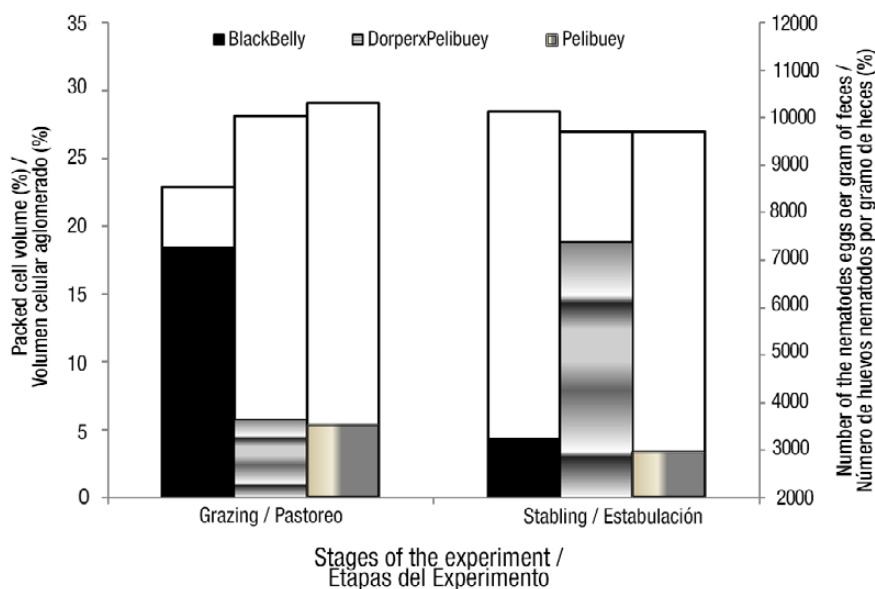


Figure 1. Effect of the genotype x stage interaction in the number of eggs per gram of feces (columns with color) and the percentage of the packed cell volume (transparent columns).

Figura 1. Efecto de la interacción genotipo x etapa en el número de huevos por gramo de heces (columnas con color) y en el porcentaje del volumen celular aglomerado (columnas transparentes).

Packed cell volume (PCV)

The BB lambs were the most affected during the grazing stage (22.9 ± 0.6 %, $P < 0.01$). However, during the second stage (stabling) they got better (28.5 ± 0.6 %, $P < 0.01$), and even overcame P and DxP lambs (27.0 ± 0.5 and 27.0 ± 0.6 %, respectively, background columns of the Figure 1).

The PCV was high on the day 1 of the experiment (30.0 ± 0.4 %, $P < 0.01$), but it decreased with the passing of the days (28.3 ± 0.4 , 25.9 ± 0.4 and 24.2 ± 0.4 %, for the days 15, 22 and 30, respectively, $P < 0.01$). Regarding the stage x time interaction, a decrease in the PCV was observed as time passed at both stages.

Daily weight gain (DWG)

The DWG was high during the first 15 days (0.182 ± 0.01 kg, $P < 0.01$), it decreased for the day 22 (0.069 ± 0.01 kg, $P < 0.01$) and increased (Table 2) for the day 30 (0.114 ± 0.01 kg, $P < 0.01$).

Most of the DWG, during the first 15 days ($P < 0.01$) was observed in the DxP lambs (0.229 ± 0.03 kg) although the BB and P lambs also had high weight gains (0.174 ± 0.03 , 0.142 ± 0.02 kg). Subsequently, the DWG decreased ($P < 0.01$) for the BB and P lambs (0.036 ± 0.03 , 0.049 ± 0.02 kg) and the DxP crossbreed maintained a high DWG (0.121 ± 0.03 kg), and for the day 30, it increased ($P < 0.01$) in BB and P lambs (0.139 ± 0.03 and

La eliminación de HPG se incrementó marcadamente a partir del día 22 ($5,614 \pm 521$ HPG, $P < 0.01$) y 30 post-inoculación ($8,135 \pm 521$ HPG, $P < 0.01$).

El comportamiento de cada genotipo fue diferente en las dos etapas realizadas. En la primera etapa, los corderos BB tuvieron altos conteos de huevos de NGI ($7,281 \pm 890$ HPG), los cuales disminuyeron en la segunda etapa ($3,237 \pm 890$ HPG, $P < 0.01$). En los corderos P, los conteos de HPG fueron similares en ambas etapas ($3,541 \pm 701$ y $2,963 \pm 701$ HPG, para la primera y segunda etapa, respectivamente), mientras que en los corderos DxP el conteo fecal fue menor en la primera etapa ($3,636 \pm 890$ HPG) y se incrementó en la segunda ($7,395 \pm 890$ HPG, $P < 0.01$, Figura 1).

Volumen celular aglomerado (VCA)

Los corderos BB fueron los más afectados durante la etapa en pastoreo (22.9 ± 0.6 %, $P < 0.01$). Sin embargo, en la segunda etapa (estabulación) se recuperaron (28.5 ± 0.6 %, $P < 0.01$), superando, incluso, a los corderos P y DxP (27.0 ± 0.5 y 27.0 ± 0.6 %, respectivamente, columnas del fondo de la Figura 1).

El VCA fue alto en el día 1 del experimento (30.0 ± 0.4 %, $P < 0.01$), pero fue disminuyendo con el transcurso de los días (28.3 ± 0.4 , 25.9 ± 0.4 y 24.2 ± 0.4 %, para los días 15, 22 y 30, respectivamente, $P < 0.01$). Con respecto a la interacción etapa x tiempo, se observó una

0.132±0.02 kg, respectively) and kept decreasing in DxP lambs (0.070±0.03 kg, Figure 2).

In the stage x time interaction, the DWG was high during the first 15 days (0.190±0.02 kg) of the first stage, but as the days passed, it decreased (0.085±0.02 and 0.067±0.02, for the day 22 and 30, respectively, $P<0.01$); while for the second stage, the DWG was high during the first 15 days (0.173±0.02 kg), it decreased for the day 22 (0.053±0.02 kg) and it tended to improve for the day 30 (0.160±0.02 kg, $P<0.01$).

Live weight (LW)

During the first stage, lambs were younger and, therefore, had lower weights (14.2±0.45 kg) than during the second stage (21.4±0.45 kg, Table 2).

The LW increased ($P<0.01$) in the three genotypes as the time passed (Figure 3), and, despite they were parasitized, lambs continued their development, although, it was higher during the first 15 days after the parasitic infection. DxP and BB lambs showed a higher LW (19.9 and 19.7 kg, respectively) compared with the P lambs (17.8 kg). Regarding the stage x time interaction, the LW was increasing ($P<0.01$) as the time passed during both stages (12.8±0.47, 14.1±0.47, 14.7±0.47 and 15.2±0.47 kg, for the days 1, 15, 22 and 30, respectively, of the first stage; and 18.9±0.47, 21.5±0.47, 21.8±0.47 and 23.1±0.47 kg, for the days 1, 15, 22 and 30, respectively, of the second stage).

disminución del VCA conforme transcurría el tiempo, en ambas etapas.

Ganancia diaria de peso (GDP)

La GDP fue alta durante los primeros 15 días (0.182±0.01 kg, $P<0.01$), disminuyó al día 22 (0.069±0.01 kg, $P<0.01$) y tuvo un incremento (Cuadro 2) al día 30 (0.114±0.01 kg, $P<0.01$).

La mayor GDP en los primeros 15 días ($P<0.01$) se observó en los corderos DxP (0.229±0.03 kg) aunque también los corderos BB y P tuvieron altas ganancias de peso (0.174±0.03, 0.142±0.02 kg). Posteriormente la GDP disminuyó ($P<0.01$) en los BB y P (0.036±0.03, 0.049±0.02 kg) y la cruce DxP mantuvo alta GDP (0.121±0.03 kg), y para el día 30 se incrementó ($P<0.01$) en los corderos BB y P (0.139±0.03 y 0.132±0.02 kg, respectivamente) y siguió disminuyendo en los corderos DxP (0.070±0.03 kg, Figura 2).

En la interacción etapa x tiempo, la GDP fue alta en los primeros 15 días (0.190±0.02 kg) de la primera etapa, pero conforme transcurrieron los días fue disminuyendo (0.085±0.02 y 0.067±0.02, para el día 22 y 30, respectivamente, $P<0.01$); mientras que, en la segunda etapa, la GDP fue alta en los primeros 15 días (0.173±0.02 kg), disminuyó al día 22 (0.053±0.02 kg) y tendió a recuperarse para el día 30 (0.160±0.02 kg, $P<0.01$).

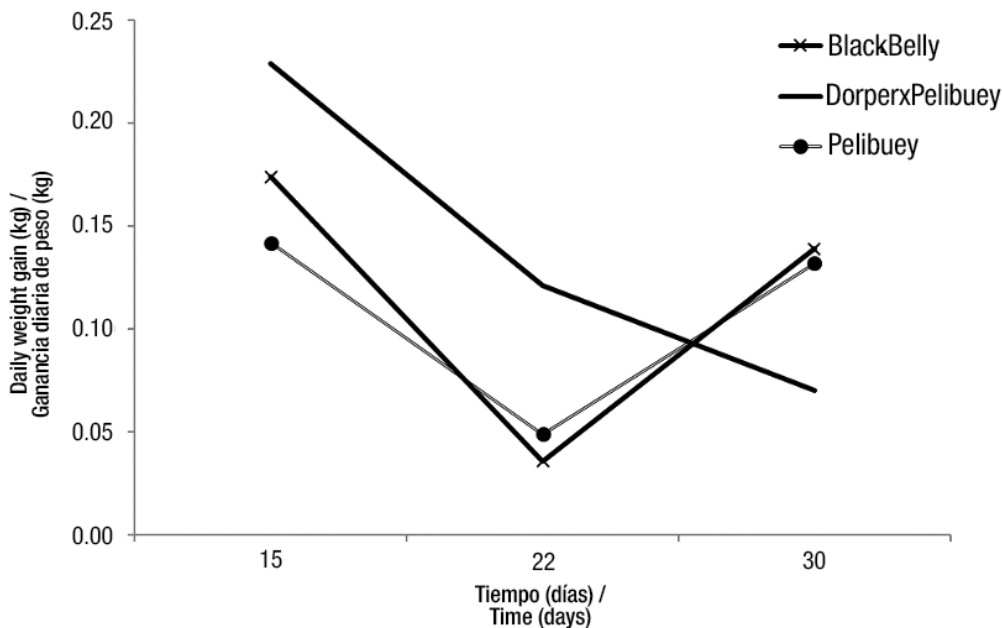


Figure 2. Effect of the genotype x time interaction in the daily weight gain.

Figura 2. Efecto de la interacción genotipo x tiempo en la ganancia diaria de peso.

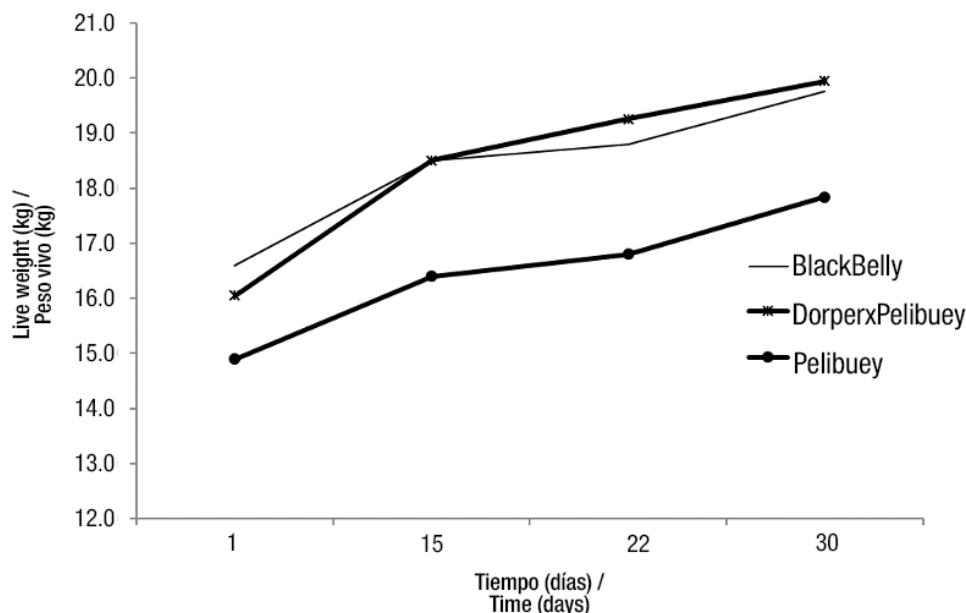


Figure 3. Effect of the genotype x time interaction in the live weight.
Figura 3. Efecto de la interacción genotipo x tiempo en el peso vivo.

Color of ocular mucous (COM)

The best score for the COM, was recorded (Table 2) during the second stage (3.9 ± 0.05 , $P < 0.01$). At this stage, BB and DxP lambs had the best scores for COM (4.1 ± 0.10 and 3.9 ± 0.10 , respectively, $P < 0.01$), and overcoming those from the P lambs (3.7 ± 0.08).

The COM was high on the day 1 of the experiment (4.0 ± 0.05 , día 1), but it decreased as the days passed (3.5 ± 0.05 , 3.2 ± 0.05 and 2.9 ± 0.05 , for the days 15, 22 and 30, respectively).

Body condition (BC)

DxP lambs had the best body condition ($P < 0.01$) (2.7 ± 0.09), while the values obtained in the BB and P lambs, were similar (2.2 ± 0.09 and 2.2 ± 0.07 , respectively; Table 2). The best score for the BC ($P < 0.01$) was recorded during the second stage (2.7 ± 0.06), compared with the first one (2.1 ± 0.06).

In terms of BC, BB and P lambs had the lowest scores during the first stage (1.8 ± 0.11 and 2.1 ± 0.08 , respectively), and they were surpassed by DxP lambs (2.4 ± 0.11 , $P < 0.01$); at the second stage, once again, BB and P lambs (2.7 ± 0.11 y 2.5 ± 0.08) were surpassed by the DxP lambs (3.0 ± 0.11 , $P < 0.01$).

Peso vivo (PV)

En la primera etapa los corderos tuvieron menor edad y, por lo tanto, menor peso (14.2 ± 0.45 kg) que durante la segunda etapa (21.4 ± 0.45 kg, Cuadro 2).

El PV se incrementó ($P < 0.01$) en los tres genotipos con el transcurso del tiempo (Figura 3), y a pesar de estar parasitados, los corderos continuaron con su desarrollo, aunque este fue mayor durante los primeros 15 días después de la infección parasitaria. Los corderos DxP y BB terminaron con un mayor PV (19.9 y 19.7 kg, respectivamente) con respecto a los P (17.8 kg). Con respecto a la interacción etapa x tiempo, el PV se fue incrementando ($P < 0.01$) con el transcurso del tiempo en ambas etapas (12.8 ± 0.47 , 14.1 ± 0.47 , 14.7 ± 0.47 y 15.2 ± 0.47 kg, para los días 1, 15, 22 y 30, respectivamente, de la primera etapa; y 18.9 ± 0.47 , 21.5 ± 0.47 , 21.8 ± 0.47 y 23.1 ± 0.47 kg, para los días 1, 15, 22 y 30, respectivamente, de la segunda etapa).

Color de la mucosa ocular (CMO)

La mejor calificación para el CMO se registró (Cuadro 2) durante la segunda etapa (3.9 ± 0.05 , $P < 0.01$). En esta etapa, los corderos BB y DxP tuvieron las mejores calificaciones para CMO (4.1 ± 0.10 y 3.9 ± 0.10 , respectivamente, $P < 0.01$), superando a los corderos P (3.7 ± 0.08).

Regarding the stage x time interaction, the BC was high during the first stage, and subsequently, it decreased from 22 to 30 days; for the second stage, the opposite happened, because it began with a moderate score and increased as the days passed (Table 2).

Discussion

On average, P lambs showed a lower fecal egg of GIN counting (3,252 EPG) than BB and DxP lambs. This value can have several connotations when it is compared with the results from other studies, because it can be placed as an intermediate value regarding the value of 418 EPG, obtained by Morteo-Gómez et al. (2004) with a group of P lambs from Tabasco, México, which was classified as resistant, and to the 5,911 EPG, also from that study, classified as susceptible. On the other side, it is high regarding the study developed by Figueroa-Castillo, Méndez, Berruecos, and Álvarez (2000), who defined a resistant group to nematodes with P lambs and with an average of 473 EPG, and another susceptible, with an average of 2,174 EPG. On their part, González et al. (2006), proposed as criterion to consider that, P lambs with values among 0 and 4,500 EPG be classified as resistant, intermediate ones between 5,000 and 10,000, and susceptible ones >10 000; with the acceptance of this criterion, P lambs used for this study, would be classified as resistant. However, due to the EPG is highly affected by environmental conditions and the heritability is not very high, the high variability seen among studies is very common, for this, the animal selection should be carried out within a contemporary group.

According to the fecal egg of GIN counting seen in the BB and DxP lambs in this study, both groups can be placed as intermediate according to González et al. (2006), in contrast to authors such as Yazwinski et al. (1979); Yazwinski, Goode, Moncol, Morgan, and Linnerud (1980); Gruner et al. (2003) and Muñoz-Guzmán, Cuéllar-Ordaz, Valdivia-Anda, Buendía-Jiménez, and Alba-Hurtado (2006), who have pointed out a high resistance in BB lambs against *Haemonchus contortus*. Likewise, crossbreed lambs in which BB genes have intervened, have turned out to be more resistant when they are compared to lambs of wool breeds (Yazwinski et al., 1980; Notter et al., 2003).

In terms of DxP lambs, the susceptibility of the Dorper breed has been reported when comparing it with hair breeds, such as the Red Maasai one (Silva et al., 2012), in both, natural infection and experimental infection with gastrointestinal parasites. On the other side, the Red Maasai x Dorper crossbreed has been proved to be as susceptible as the Dorper one. However, Burke

El CMO inició alto en el día 1 del experimento (4.0 ± 0.05 , día 1), pero empezó a disminuir con el transcurso de los días (3.5 ± 0.05 , 3.2 ± 0.05 y 2.9 ± 0.05 , para los días 15, 22 y 30, respectivamente).

Condición corporal (CC)

Los corderos DxP tuvieron la mejor condición corporal ($P < 0.01$) (2.7 ± 0.09), mientras que los promedios obtenidos en los BB y P fueron similares (2.2 ± 0.09 y 2.2 ± 0.07 , respectivamente; Cuadro 2). La mejor calificación para la CC ($P < 0.01$) se registró durante la segunda etapa (2.7 ± 0.06), en comparación con la primera (2.1 ± 0.06).

En CC los corderos BB y P tuvieron las más bajas calificaciones en la primera etapa (1.8 ± 0.11 y 2.1 ± 0.08 , respectivamente), siendo superados por los corderos DxP (2.4 ± 0.11 , $P < 0.01$); en la segunda etapa nuevamente los corderos BB y P (2.7 ± 0.11 y 2.5 ± 0.08) fueron superados por los DxP (3.0 ± 0.11 , $P < 0.01$).

Con respecto a la interacción etapa x tiempo, la CC inició alta durante los primeros 15 d de la primera etapa, para posteriormente empezar a declinar de los 22 a los 30 d; para la segunda etapa ocurrió lo contrario, ya que inició con una calificación moderada y se incrementó con el transcurso de los días (Cuadro 2).

Discusión

En promedio, los corderos P mostraron un menor conteo fecal de huevos de NGI (3,252 HPG) que los BB y DxP. Este valor puede tener varias connotaciones al ser comparado con los resultados de otros estudios, ya que puede ubicarse como un valor intermedio respecto al valor de 418 HPG, que obtuvieron Morteo-Gómez et al. (2004) en un grupo de ovinos P de Tabasco, México, clasificado como resistente, y al de 5,911 HPG, también de ese mismo estudio, clasificado como susceptible. Por otra parte, es alto con respecto al estudio realizado por Figueroa-Castillo, Méndez, Berruecos, y Álvarez (2000), quienes definieron en corderos P un grupo resistente a nematodos con un promedio de 473 HPG y otro susceptible, con un promedio de 2,174 HPG. Por su parte, González et al. (2006), propusieron como criterio a considerar que, corderos P con valores entre 0 y 4,500 HPG se clasificaran como resistentes, intermedios entre 5,000 y 10,000, y susceptibles >10 000; aceptando este criterio, los corderos P utilizados en el presente estudio quedarían clasificados como resistentes. Sin embargo, debido a que el HPG está altamente afectado por las condiciones ambientales y el índice de herencia no es muy grande,

and Miller (2004) found that adult sheep crossed with Dorper were more resistance to parasite infection than Suffolk sheep, and that their resistance levels were comparable to Saint Croix and Katahdin breeds in Southeast U.S.A. It also has been informed (Baker et al. 2003) that the increase in Dorper gene production in Dorper x Red Maasai lambs reduces both, the resistance (increase of EPG) and the resilience (decrease of PCV).

The resistance to GIN of P lambs, manifested by the 4-5-month-old ones, is similar to that found in lambs of the same age with breeds such as the Red Maasai (Baker et al., 2003) and Saint Croix (Burke & Miller, 2004). The increase of fecal egg of GIN counting from 21-28 days post-inoculation, has already been documented in other studies (Zajac & Garza, 2020).

BB and DxP lambs began with a live weight slightly higher than P lambs, but these differences in live weight were not significant ($P>0.05$) during the entire experiment. However, it is important to note that the reduced elimination of EPG in P lambs did not influence the weight gain (108 g), which was similar to those from the BB lambs (116 g) and the DxP ones (140 g). And, although Dorper sheep have a better growth rate, surely, because it is a cross, no differences were observed between them. In the same way, it must be considered that animals got 300 g of food at the start of the experiment and then, it increased to 400 g during the first grazing stage and, at the second stage, animals were stabled and they got a full diet with commercial feed, for this, despite they were wormed, animals were able to get good weight gains at this last stage (129 g on average); similar results were informed by Haile, Tibbo, Baker and Rege (2007) and have been pointed out in literature reviews (Mavrot, Hertzberg & Torgerson, 2015).

In terms of the PCV, BB lambs were the most affected (25.7 %), a similar situation to what was found by Aumont, Gruner and Hostache (2003) in INRA 401 and BB lambs, while the P and DxP lambs ended with similar percentages (28.1 and 27.5 %, respectively), this suggests a tolerance or resilience of the DxP crossbreeds to the effects of the *Haemonchosis*, which has already been informed by Burke and Miller (2004) in breeds involving the Dorper breed. Other authors have already informed that the F1 crossbreed between a resilient breed with a susceptible one, causes an intermediate response to the nematode infection. Similar values were found in Santa Inés (Amarante et al., 2004) and Crioula Lanada sheep (Bricarello et al., 2004), these demonstrated a relative resistance to gastrointestinal parasites. The decrease of the PCV as

la alta variabilidad observada entre estudios es algo común, por lo que la selección de animales debe hacerse dentro de un grupo contemporáneo.

De acuerdo con los conteos fecales de huevos de NGI observados en los corderos BB y DxP del presente estudio, estos dos grupos pueden ser ubicados como intermedios de acuerdo a González et al. (2006), a diferencia de autores como Yazwinski et al. (1979); Yazwinski, Goode, Moncol, Morgan, y Linnerud (1980); Gruner et al. (2003) y Muñoz-Guzmán, Cuéllar-Ordaz, Valdivia-Anda, Buendía-Jiménez, y Alba-Hurtado (2006), quienes han indicado alta resistencia en los corderos BB contra *Haemonchus contortus*. Asimismo, corderos cruzados en los que han intervenido genes de BB han resultado ser más resistentes cuando se han comparado con corderos de razas de lana (Yazwinski et al., 1980; Notter et al., 2003).

En cuanto a los corderos DxP, ya se ha reportado la susceptibilidad de la raza Dorper cuando se ha comparado con razas de pelo, como la Red Maasai (Silva et al., 2012), tanto en infección natural como experimental de parásitos gastrointestinales. Por otro lado, la cruce Red Maasai x Dorper ha mostrado ser tan susceptible como la Dorper. No obstante, Burke y Miller (2004) encontraron que ovejas adultas cruzadas con Dorper fueron más resistentes a la infección parásita que ovejas Suffolk, y que sus niveles de resistencia fueron comparables a las de las razas Saint Croix y Katahdin en el sureste de los EE.UU. También se ha informado (Baker et al. 2003) que el aumento en la proporción de genes Dorper en corderos Dorper x Red Maasai reduce tanto la resistencia (incremento de HPG) como la resiliencia (disminución del VCA).

La resistencia a los NGI de los corderos P en el presente estudio, manifestada a los 4-5 meses de edad, es similar a la encontrada en corderos de la misma edad en razas como la Red Maasai (Baker et al., 2003) y Saint Croix (Burke & Miller, 2004). El incremento de los conteos fecales de huevos de NGI a partir de los 21-28 días post-inoculación ya se ha documentado en otros estudios (Zajac & Garza, 2020).

Los corderos BB y DxP iniciaron con un peso vivo ligeramente mayor que los corderos P, y se mantuvieron sin diferencias significativas durante el experimento. Sin embargo, resulta importante resaltar que la menor eliminación de HPG en los corderos P no afectó las ganancias de peso (108 g), que fueron similares a la de los corderos BB (116 g) y los DxP (140 g). Y aunque los ovinos Dorper tienen mejor tasa de crecimiento, seguramente por tratarse de una cruce no se observaron diferencias entre ellos.

the time passes in infected lambs with gastrointestinal nematodes, has already been widely documented (Amarante et al., 2004).

According to the genotype x stage interaction, it was expected that the resistance increases during the second stage and this would reduce the EPG, which only happened with BB lambs, and this implies a development of their acquired resistance (McRae, Stear, Good, & Keane, 2015), while P lambs maintained their counting during both stages and the DxP crossbreed increased its EPG, which could be related to the least resistance provided by the Dorper breed (Baker et al., 2004). Burke et al. (2007) found similar results in terms of an increase in the COM value as they passed from one stage to the next one, due to a reduction in parasitic loads.

DxP lambs had a better BC compared to BB and P lambs, which had similar values, it can be attributed to the greater meat conformation of the Dorper breed (Hinojosa-Cuéllar, Oliva-Hernández, Torres-Hernández, & Segura-Correa, 2013). When lambs are free of parasites, show a good BC, but it decreases when parasitic loads increase; similar results have already been informed in other studies (Morteo-Gómez et al., 2004). However, other authors say that the BC is not a good indicator of the infection with *H. contortus* by itself (Burke et al., 2007), although the BC response is more related to the physiological stage and the feeding conditions of productive sheep with fecal egg of GIN counting (Cornellius, Jacobson, & Besier, 2014).

In the feces cultures, *H. contortus* was the most frequent nematode (85 %), followed by the *Oesophagostomum* (10 %) and *Cooperia* (5 %). This matches with the results obtained in the region, where *H. contortus* is the species with higher prevalence and the most widely disseminated within the humid tropic of Mexico, and specifically, Tabasco (López-Ruvalcaba, González-Garduño, Osorio-Arce, Aranda-Ibañez, & Díaz-Rivera, 2013).

Conclusions

With the results of this study, it is shown that P lambs had a lower fecal nematode egg counting and a higher hematocrit than the BB ones, which is associated with a greater resistance. On the other side, DxP lambs had the greatest daily weight gains, although, statistically similar to those of the BB and P lambs. It is recommended to continue with this line of research under different environmental conditions, and with the inclusion of females, because their behavior, in

Además se tiene que considerar que los animales recibieron 300 g de alimento al inicio del experimento y posteriormente se les incrementó a 400 g durante la primera etapa en pastoreo y en la segunda etapa los animales se estabularon y recibieron una dieta completa con alimento comercial, por lo que a pesar de estar parasitados, los animales pudieron tener buenas ganancias de peso en esta última etapa (129 g en promedio); resultados similares fueron informados por Haile, Tibbo, Baker y Rege (2007) y se han indicado en revisiones de literatura (Mavrot, Hertzberg & Torgerson, 2015).

Con respecto al VCA, los corderos BB fueron los más afectados (25.7 %), situación similar a lo encontrado por Aumont, Gruner y Hostache (2003) en corderos INRA 401 y BB, mientras que los P y DxP finalizaron con porcentajes similares (28.1 y 27.5 %, respectivamente), lo que sugiere una tolerancia o resiliencia de la craza DxP a los efectos de la *Haemonchosis*, lo cual ya fue informado por Burke y Miller (2004) en cruza involucrando a la raza Dorper. Otros autores ya han informado que la craza F1 de una raza resistente con una susceptible provoca una respuesta intermedia a la infección con nematodos. Valores similares fueron encontrados en ovinos de las razas Santa Inés (Amarante et al., 2004) y Crioula Lanada (Bricarello et al., 2004), las que manifestaron una relativa resistencia a los parásitos gastrointestinales. La disminución del VCA a través del tiempo en corderos infectados con nematodos gastrointestinales ya ha sido ampliamente documentada (Amarante et al., 2004).

De acuerdo con la interacción genotipo x etapa, se esperaba que la resistencia se incrementara en la segunda etapa y con ello se redujera el HPG, lo cual ocurrió solamente en los corderos BB, lo que implica un desarrollo de su resistencia adquirida (McRae, Stear, Good, & Keane, 2015), mientras que los corderos P mantuvieron sus conteos en las dos etapas y la craza DxP incrementó su HPG, lo cual pudiera estar asociado con menor resistencia proporcionada por la raza Dorper (Baker et al., 2004). Burke et al. (2007) encontraron resultados similares en cuanto a un incremento en el valor de CMO conforme pasaban de una etapa a la siguiente, debido a una reducción en las cargas parasitarias.

Los corderos DxP tuvieron una mejor CC comparados con los BB y P, que tuvieron valores similares, lo que puede atribuirse a la mayor conformación cárnica de la raza Dorper (Hinojosa-Cuéllar, Oliva-Hernández, Torres-Hernández, & Segura-Correa, 2013). Cuando los corderos están libres de parásitos presentan una buena CC, pero esta disminuye conforme se incrementan las

terms of the possible peripartum increase of EPG, will undoubtedly contribute with additional information specific for these hair sheep.

End of English version

References / Referencias

- Aguerre, S., Jacquet, P., Brodier, H., Bournazel, J. P., Grisez, C., ..., Moreno, C. R. (2018). Resistance to gastrointestinal nematodes in dairy sheep: genetic variability and relevance of artificial infection of nucleus rams to select for resistant ewes on farms. *Veterinary Parasitology*, 256, 16-23.
- Amarante, A. D., Bricarello, P. A., Rocha, R. A., & Gennari, S. M. (2004). Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Veterinary Parasitology*, 120(1-2), 91-106.
- Aumont, G., Gruner, L., & Hostache, G. (2003). Comparison of the resistance to sympatric and allopatric isolates of *Haemonchus contortus* of Black Belly sheep in Guadeloupe (FWI) and of INRA 401 sheep in France. *Veterinary Parasitology*, 116(2), 139-150.
- Baker, R. L., Nagda, S., Rodriguez-Zas, S. L., Southey, B. R., Audho, J. O., ..., Thorpe, W. (2003). Resistance and resilience to gastro-intestinal nematode parasites and relationships with productivity of Red Maasai, Dorper and Red Maasai x Dorper crossbred lambs in the sub-humid tropics. *Animal Science*, 76(1), 119-136.
- Baker, R. L., Mugambi, J. M., Audho, J. O., Carles, A. B., & Thorpe, W. (2004). Genotype by environment interactions for productivity and resistance to gastro-intestinal nematode parasites in Red Maasai and Dorper sheep. *Animal Science*, 79(3), 343-353.
- Benavides, M. V., Sonstegard, T. S., & Van Tassel, C. (2016). Genomic regions associated with sheep resistance to gastrointestinal nematodes. *Trends in Parasitology*, 32(6), 470-480.
- Bricarello, P. A., Gennari, S. M., Oliveira-Sequeira, T. C. G., Vaz, C. M. S. L., De Gonçalves, I. G., & Echevarria, F. A. M. (2004). Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Research*, 51(1), 75-83.
- Burke, J. M., & Miller, J. E. (2004). Relative resistance to gastrointestinal nematode parasites in Dorper, Katahdin, and St. Croix lambs under conditions encountered in the southeastern region of the United States. *Small Ruminant Research*, 54(1-2), 43-51.
- Burke, J. M., Kaplan, R. M., Miller, J. E., Terrill, T. H., Getz, W. R., Mobini, S., Valencia E., Williams M.J., Williamson L.H., y Vatta, A. F. (2007). Accuracy of the FAMACHA system for on-farm use by sheep and goat producers in the southeastern United States. *Veterinary Parasitology*, 147(1-2), 89-95.
- cargas parasitarias; similares resultados ya se han informado en otros estudios (Morteo-Gómez et al., 2004). Sin embargo, otros autores mencionan que la CC no es por sí misma un buen indicador de la infección por *H. contortus* (Burke et al., 2007), aunque la respuesta de la CC está más relacionada con la etapa fisiológica y las condiciones de alimentación de las ovejas productivas con los conteos fecales de huevos de NGI (Cornellius, Jacobson, & Besier, 2014).
- En los cultivos de heces, *H. contortus* fue el nematodo más frecuente (85 %), seguido por *Oesophagostomum* (10 %) y *Cooperia* (5 %). Esto coincide con los resultados obtenidos en la región, donde *H. contortus* es la especie con mayor prevalencia y la más ampliamente difundida en el trópico húmedo de México y específicamente en Tabasco (López-Ruvalcaba, González-Garduño, Osorio-Arce, Aranda-Ibañez, & Díaz-Rivera, 2013).

Conclusiones

Con los resultados de este estudio se muestra que los corderos P tuvieron menor conteo fecal de huevos de nematodos y mayor hematocrito que los BB, lo cual se asocia a una mayor resistencia. Por otra parte, los corderos DxP tuvieron las mayores ganancias diarias de peso, aunque similares estadísticamente que los BB y P. Se recomienda continuar con esta línea de investigación bajo diferentes condiciones ambientales, e incluyendo también la participación de las hembras, pues su comportamiento en cuanto al posible incremento periparto de HPG aportará sin duda información complementaria específica de estos ovinos de pelo.

Fin de la versión en español

- Castro-Arnáez, I. C., Montenegro, V. M., 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.
- Coffin, D.L. (1986) Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria. Trad. Santibáñez J., y J. rrusti. Tercera Edición. Ed. La Prensa Médica Mexicana. pp: 125-170.
- Coles, G. C., Jackson, F., Pomroy, W. E., Prichard, R. K., von Samson-Himmelstjerna, G., ..., Vercruysse, J. (2006). The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 136(3-4), 167-185.
- CONAGUA, 2021. Normales climatológicas por estado. En: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=tab>
- Cornelius, M. P., Jacobson, C., & Besier, R. B. (2014). Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. *Veterinary Parasitology*, 206(3-4), 173-181.

- Cruz-Tamayo, A. A., López-Arellano, M. E., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., de la Mora-Valle, A.,..., Huchin-Cab, M. (2021). *Haemonchus contortus* infection induces a variable immune response in resistant and susceptible Pelibuey sheep. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 234, 110218.
- Estrada-Reyes, Z. M., Rae, D. O., & Mateescu, R. G. (2021). Genome-wide scan reveals important additive and non-additive genetic effects associated with resistance to *Haemonchus contortus* in Florida Native sheep. *International Journal for Parasitology*, 51(7), 535-543.
- Figuerola-Castillo, J. A., Méndez, R. D. M., Berruecos, J. M. V., & Álvarez, J. A. L. (2000). Variación en la resistencia a nematodos gastrointestinales en ganado ovino de la raza Pelibuey. Memoria del Ciclo de Conferencias sobre Evaluación, Comercialización y Mejoramiento Genético. Tuxtla Gutiérrez, Chis, México. Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios A.C. pp: 238-242.
- González, R. L., López, A. M. E., Liébano, H. E., Olazarán, J. S., Mendoza de G, P., & Vázquez, P.V.M. (2006). Estudio preliminar para establecer mecanismos de selección para el control de la hemoncosis en corderos Pelibuey resistentes en campo. Memoria del XIII Congreso Nacional de Producción Ovina. AMTEO. Septiembre 6-8, 2006. Toluca, Edo. de México. CD-Rom
- González, J. F., Hernández, Á., Molina, J. M., Fernández, A., Raadsma, H. W.,..., Piedrafita, D. (2008). Comparative experimental *Haemonchus contortus* infection of two sheep breeds native to the Canary Islands. *Veterinary Parasitology*, 153(3-4), 374-378.
- Gruner, L., Aumont, G., Getachew, T., Brunel, J. C., Péry, C.,..., Guerin, Y. (2003). Experimental infection of Black Belly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites. *Veterinary Parasitology*, 116(3), 239-249.
- Haile, A., Tibbo, M., Baker, R. L., & Rege, J. O. (2007). Effects of non-genetic factors on responses to gastro-intestinal nematode infections in Ethiopian sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 39(6), 411-417.
- Hinojosa-Cuellar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., & Segura-Correa, J. C. (2013). Productive performance of F1 Pelibuey Blackbelly lambs and crosses with Dorper and Katahdin in a production system in the humid tropic of Tabasco, México. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 45(2), 135-143.
- López Ruvalcaba, O. A., González Garduño, R., Osorio Arce, M. M., Aranda Ibáñez, E., & Díaz Rivera, P. (2013). Gastrointestinal nematodes burden and prevalent species in hair sheep for slaughter. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 223-234.
- Mavrot, F., Hertzberg, H., & Torgerson, P. (2015). Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasites y Vectors*, 8(1), 1-11.
- McRae, K. M., Stear, M. J., Good, B., & Keane, O. M. (2015). The host immune response to gastrointestinal nematode infection in sheep. *Parasite Immunology*, 37(12), 605-613.
- Miller, J. E., & Horohov, D. W. (2006). Immunological aspects of nematode parasite control in sheep. *Journal of Animal Science*, 84(suppl_13), E124-E132
- Morteo-Gómez, R., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Nuncio-Ochoa, G., Becerril-Pérez, C. M.,..., Aranda-Ibáñez, E. (2004). Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a la infestación con nematodos gastrointestinales. *Agrociencia*, 38(4), 395-404.
- Muñoz-Guzmán, M. A., Cuéllar-Ordaz, J. A., Valdivia-Anda, A. G., Buendía-Jiménez, J. A., & Alba-Hurtado, F. (2006). Correlation of parasitological and immunological parameters in sheep with high and low resistance to haemonchosis. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(3), 363-371.
- Niec, R. (1968). Cultivo e identificación de larvas infectantes de nematodos gastroentéricos del bovino y ovino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Manual técnico 3, Argentina.
- Notter, D. R., Andrew, S. A., & Zajac, A. M. (2003). Responses of hair and wool sheep to a single fixed dose of infective larvae of *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Research*, 47(3), 221-225.
- Papadopoulos, E. (2008). Anthelmintic resistance in sheep nematodes. *Small Ruminant Research*, 76(1-2), 99-103.
- Pollott, G. E., & Kilkenny, J. B. (1976). A note on the use of condition scoring in commercial sheep flocks. *Animal Production*, 23(2), 261-264.
- Roeber, F., Jex, A. R., Campbell, A. J., Campbell, B. E., Anderson, G. A., & Gasser, R. B. (2011). Evaluation and application of a molecular method to assess the composition of strongylid nematode populations in sheep with naturally acquired infections. *Infection, Genetics and Evolution*, 11(5), 849-854.
- Ross, I. C. (1932). Observations on the resistance of sheep to infestation by the stomach worm (*Haemonchus contortus*). *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, 5(2). 73-80
- SAS (2004) The SAS System for Windows, Release 9.00. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2004.
- Silva, M. V. B., Sonstegard, T. S., Hanotte, O., Mugambi, J. M., Garcia, J. F.,..., Baker, R. L. (2012). Identification of quantitative trait loci affecting resistance to gastrointestinal parasites in a double backcross population of Red Maasai and Dorper sheep. *Animal Genetics*, 43(1), 63-71.
- Thienpont, D., Rochete, F., & Vanparijs, O.F.J. (1986). Diagnóstico de la Helmintiasis por medio del Examen Coprológico. Jansen Research Foundation, Beerse, Belgium. 203 p.
- Torres-Acosta, J. F. J., y Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77(2-3), 159-173.

- Van Wyk, J. A., & Bath, G. F. (2002). The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary Research*, 33(5), 509-529.
- Whitlock, J. H. (1955). A study of the inheritance of resistance to trichostrongylidosis in sheep. *Cornell Veterinarian*, 45(3), 422-439.
- Yazwinski, T. A., Goode, L., Moncol, D. J., Morgan, G. W., & Linnerud, A. C. (1979). Parasite resistance in straightbred and crossbred Barbados Blackbelly sheep. *Journal of Animal Science*, 49(4), 919-926.
- Yazwinski, T. A., Goode, L., Moncol, D. J., Morgan, G. W., & Linnerud, A. C. (1980). Haemonchus contortus resistance in straightbred and crossbred Barbados Blackbelly sheep. *Journal of Animal Science*, 51(2), 279-284.
- Zajac, A. M., & Garza, J. (2020). Biology, epidemiology, and control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 36(1), 73-87.