



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN  
Y DE LA SALUD ANIMAL

SUSCEPTIBILIDAD DE CORDEROS CRIOLLOS Y SUFFOLK  
A UNA INOCULACIÓN EXPERIMENTAL CON  
*Haemonchus contortus*

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ELISEO ROMERO ESCOBEDO

TUTOR:

GLAFIRO TORRES HERNÁNDEZ

COMITÉ TUTORAL:

FERNANDO ALBA HURTADO

CARLOS MIGUEL BECERRIL PÉREZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

*Quiero dedicar este trabajo a Ella, a la Mujer que me aceptó sin condiciones, quien ha estado junto a mí desde que Dios decidió ponerla en mi camino y que en cada faceta de esta etapa de mi vida, me acompaña y no me deja solo, a Ella que le debo todo, a Rosalba Díaz Ayala, mi Adorada Esposa.*

*A mis Padres: Bonifacio Romero Flores y Silvia Escobedo Flores, porque por su sabia experiencia y sus bendiciones, me fortalecen al pensar que cuento con ellos. A ellos que les debo la Vida.*

*A mis Hermanos: Gisela, Norma Isela, Hugo Alberto, Missael y Silvia Yazareth, porque a pesar de las distancias, reconozco y valoro que son excelentes personas que han demostrado saber enfrentar la Realidad.*

*A mis Suegros: Antonio Díaz Santoyo y Catalina Ayala Coronel, que me han demostrado su Respeto, Sinceridad, Apoyo incondicional, y Calidez humana.*

*A mis Cuñadas: Marlén y Marisol, que en cada momento me ofrecen y transmiten esa Alegría y ánimo que demuestran al afrontar con entusiasmo cada instante de la Vida.*

*Fraternalmente y por Siempre:*

**ELISEO R. E.**

## AGRADECIMIENTOS

*Gracias a Dios Todopoderoso, porque ha permitido mantener firme mis propósitos, deseos y metas en esta Vida, preservando a cada momento la sencillez y humildad para enfrentar la Realidad y por darme su Bendición en cada instante.*

*Al Dr. Glafiro Torres Hernández, por brindarme su valiosa Amistad, por concederme su paciencia en el seguimiento y conclusión de este trabajo, y por su acertada contribución en mi formación profesional, Gracias Doctor Torres.*

*Al Dr. Fernando Alba Hurtado, porque me permitió aprovechar su experiencia y conocimientos, pero sobre todo por dejarme conocer de él ese ímpetu por hacer bien las cosas en cualquier faceta de la Vida. Gracias Doctor Alba.*

*Al Dr. Carlos M. Becerril, por sus observaciones e indicaciones para lograr el propósito de este trabajo, y por demostrarme que para tener Éxito, basta con buscar y alcanzar la Calidad en la Vida y en el Trabajo. Gracias Dr. Becerril*

*Gracias Dr. Carlos Vázquez Peláez y Dr. Pedro Mendoza de Gíves por sus grandes contribuciones y acertadas observaciones para llevar a buen término este trabajo, pero sobre todo por mostrarme su Calidad como excelentes personas.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, a la Universidad Nacional Autónoma de México, al Colegio de Postgraduados y a la Universidad Autónoma Chapíngo, por abrirme sus puertas y permitirme seguir aprendiendo para bien de mi desarrollo profesional.*

*A los que de alguna manera contribuyeron en el buen desarrollo y conclusión de este trabajo, en especial al M.Sc. José Solís R., al M.C. Alfredo Cuellar, al Dr. Marco Muñoz, M.C. Alejandro Buendía e Ing. Leopoldo Sánchez.*

*A todos ellos, ahora les digo GRACIAS por todo!!!.*

***ELISEO R. E.***

## RESUMEN

Para evaluar la susceptibilidad a una inoculación experimental con *Haemonchus contortus*, se compararon en corderos Criollo y Suffolk características parasitológicas, sanguíneas y productivas. Durante 20 semanas se utilizaron 20 corderos Criollo y 15 Suffolk, distribuidos en 15 Criollo inoculados (CI), 5 Criollo testigo (CT), 10 Suffolk inoculados (SI) y 5 Suffolk testigo (ST); los corderos inoculados recibieron 6,000 larvas L<sub>3</sub> de *H. contortus*. Las variables respuesta fueron número de huevos por gramo de heces (HPG), hematocrito (Ht), hemoglobina (Hb), eosinófilos (EOS), peso corporal (PC), ganancia diaria de peso (GDP), condición corporal (CC) y color de la mucosa ocular (CMO). El diseño estadístico fue un parcelas divididas en factorial 2x2 con mediciones repetidas, tomando el genotipo del cordero (G) y la inoculación (I) como efectos fijos y el animal como aleatorio, además de semana (S) y sus interacciones. El G influyó en HPG, EOS, PC, CC y CMO ( $P \leq 0.05$ ), mientras que I y S en todas ( $P \leq 0.0001$ ), la interacción IxS influyó en EOS, GDP, CC y CMO ( $P \leq 0.01$ ) y GxIxS influyó en PC, GDP y CC ( $P \leq 0.05$ ). El grupo CI tuvieron menos HPG (4,480±560) que el SI (6,248±845); para Hb y Ht los valores fueron 9.9±0.1 y 35.7±0.3, 9.9±0.1 y 35.4±0.4, 11.3±0.1 y 39.8±0.2, y 11.4±0.1 y 40.5±0.3 para los grupos CI, SI, CT y ST, respectivamente. Los promedios de EOS y CMO en los grupos CI y SI fueron 494.1±17.7 y 1.9±0.1, y 293.8±16.6 y 2.0±0.2 ( $P \leq 0.01$ ). Se concluye que los corderos Criollo son menos susceptibles a la infestación por *H. contortus*, por lo que representan una alternativa importante en rebaños localizados en áreas marginales donde no existe la posibilidad de aplicar antihelmínticos, debido a su costo o disponibilidad.

Palabras clave: Ovinos, Criollo, Susceptibilidad, Parásitos gastrointestinales, *Haemonchus contortus*.

## ABSTRACT

To evaluate the susceptibility to an experimental inoculation with *Haemonchus contortus*, parasitological, blood and productive traits were compared in Criollo and Suffolk lambs. During 20 weeks 20 Criollo lambs and 15 Suffolk were utilized, distributed in 15 inoculated Criollo (IC), 5 control Criollo (CC), 10 inoculated Suffolk (IS) and 5 control Suffolk (CS); inoculated lambs were given 6,000 infective larvae L<sub>3</sub> of *H. contortus*. Response variables were number of eggs per gram of faeces (EPG) haematocrit (Ht), hemoglobin (Hb), eosinophil count (EOS), body weight (BW), daily weight gain (DWG), body condition (BC) and color of the ocular mucous (COM). The statistical design was a split-plot in a 2x2 factorial design with repeated measures, taking lamb genotype (G) and inoculation (I) as fixed effects and lamb as a random effect, plus the effect of week (W) and their interactions. G influenced EPG, EOS, BW, BC and COM ( $P \leq 0.05$ ), whereas I and S all ( $P \leq 0.01$ ), the interaction IxW influenced in EOS, DWG, BC and COM ( $P \leq 0.01$ ) and GxIxW influenced BW, DWG and BC ( $P \leq 0.05$ ). The IC group had less EPG ( $4,480 \pm 560$ ) than the IS group ( $6,248 \pm 845$ ); for Hb and Ht values were  $9.9 \pm 0.1$  and  $35.7 \pm 0.3$ ,  $9.9 \pm 0.1$  and  $35.4 \pm 0.4$ ,  $11.3 \pm 0.1$  and  $39.8 \pm 0.2$  and  $11.4 \pm 0.1$  y  $40.5 \pm 0.3$  for the IC, IS, CC and CS groups, respectively. Averages of EOS and COM in the IC and IS groups were  $494.1 \pm 17.7$  and  $1.9 \pm 0.1$ , and  $293.8 \pm 16.6$  and  $2.0 \pm 0.2$  ( $P \leq 0.01$ ). It is concluded that Criollo lambs are less susceptible to the infection by *H. contortus*, for which they represent an important alternative in flocks located in marginal areas where it is difficult to apply anthelmintics, due to their cost or availability.

Key words: Sheep, Criollo, Susceptibility, Gastrointestinal parasites, *Haemonchus contortus*.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	iii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	v
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	2
2.1. Situación de la Ovinocultura en México.....	2
2.2. Los parásitos gastrointestinales en ovinos.....	6
2.3. La resistencia y resiliencia antihelmíntica.....	9
2.4. Criterios para la selección genética de la resistencia o susceptibilidad.....	11
2.4.1. El conteo fecal y exámenes coprológicos.....	12
2.4.1.1. Recolección de muestras de heces.....	13
2.4.1.2. Conteo de huevos en heces (HPG).....	14
2.4.2. Hematología.....	14
2.4.2.1. La sangre y sus componentes.....	15
2.4.2.2. Extracción de sangre.....	16
2.4.3. El hematocrito.....	16
2.4.3.1. Determinación de hematocrito.....	17
2.4.4. Coloración de la mucosa ocular: Sistema FAMACHA.....	18
2.5. Descripción morfológica y funcional de <i>Haemonchus contortus</i> .....	19
2.6. Variabilidad genética de la resistencia a los parásitos gastrointestinales.....	22
2.7. Razas de ovinos con resistencia a los parásitos gastrointestinales.....	24
2.8. Los ovinos Criollo.....	25
2.8.1. Origen.....	25
2.8.2. Características generales.....	26
2.8.3. Utilización, aprovechamiento y conservación de los ovinos Criollo.....	28
2.9. Estudios de resistencia realizados en diferentes razas.....	30
2.9.1. Estudios de resistencia en ovinos Criollo o nativos.....	33
2.10. Correlaciones entre las características de la resistencia.....	38

<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
3.1. Localización del experimento.....	41
3.2. Tamaño de la muestra y tratamientos.....	41
3.3. Metodología y procedimientos.....	41
3.3.1. Manejo de los animales.....	41
3.3.2. Inoculación experimental.....	42
3.3.3. Recolección y análisis de las muestras de heces.....	42
3.3.4. Recolección y análisis de las muestras sanguíneas.....	43
3.3.5. Inspección de la mucosa ocular.....	43
3.3.6. Peso y condición corporal.....	43
3.3.7. Carga de nemátodos adultos.....	43
3.4. Características estudiadas.....	44
3.5. Análisis estadístico.....	44
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
4.1. Número de huevos por gramo de heces (HPG).....	46
4.2. Hematocrito (Ht).....	48
4.3. Hemoglobina (Hb).....	49
4.4. Color de la mucosa ocular (CMO).....	51
4.5. Cantidad de eosinofilos sanguíneos (EOS).....	52
4.6. Peso corporal (PC).....	54
4.7. Ganancia diaria de peso (GDP).....	56
4.8. Condición corporal (CC).....	60
4.9. Carga de nematodos adultos (CNA).....	64
4.10. Correlaciones entre las características en la semana 20.....	64
<b>5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>68</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
1 Producción de carne ovina en México en el periodo 2000-2005.....	6
2 Cantidad de larvas (L <sub>3</sub> ) de <i>H. contortus</i> empleadas en diferentes estudios.....	10
3 Criterios de selección relacionados con la resistencia a infecciones natural (N) y experimental (E) de nematodos gastrointestinales en diferentes genotipos ovinos.....	12
4 Principales características productivas y reproductivas de los ovinos Criollo.....	27
5 Huevos por gramo de heces en corderos Dorset y St. Croix inoculados con <i>H. contortus</i> .....	31
6 Carga de nematodos adultos en corderos Dorset y St. Croix.....	32
7 Carga de nematodos gastrointestinales en corderos Gulf Coast Native y Suffolk infectados naturalmente.....	34
8 Determinaciones al sacrificio de corderos Florida Native, Rambouillet, y sus cruzas F1 y F2 inoculados con <i>H. contortus</i> .....	36
9 Evaluaciones fecales y sanguíneas en ovinos Corriedale y Criollo lanada infectados con <i>H. contortus</i> .....	37
10 Coeficientes de correlación entre características parasitológicas y sanguíneas en corderos Florida Native, Rambouillet y sus cruzas F1 y F2.....	38
11 Correlaciones fenotípicas de diferentes parámetros a las 16 (a) y 20 (b) semanas de edad en corderos Merinoland.....	39
12 Correlaciones fenotípicas de diferentes parámetros a las 16 (a) y 20 (b) semanas de edad en corderos Rhön.....	40
13 Composición de la dieta integral utilizada durante el experimento.....	42
14 Análisis de varianza de la característica huevo por gramo de heces (HPG).....	46
15 Análisis de varianza de la característica Hematocrito (Ht).....	48
16 Análisis de varianza de la característica Hemoglobina (Hb).....	49
17 Análisis de varianza de la característica color de la mucosa ocular (CMO).....	51
18 Valores medios de color de mucosa ocular por efecto del genotipo e inoculación.....	51
19 Análisis de varianza de la característica conteo de eosinófilos (EOS).....	53
20 Valores medios de cantidad de eosinófilos por efecto de genotipo e inoculación.....	53

21	Análisis de varianza de la característica peso corporal (PC).....	54
22	Análisis de varianza de la característica ganancia diaria de peso (GDP).....	57
23	Valores medios de ganancia diaria de peso (g) por efecto del genotipo e inoculación	57
24	Análisis de varianza de la característica condición corporal (CC).....	60
25	Valores medios de condición corporal por efecto del genotipo e inoculación.....	60
26	Análisis de varianza de la característica carga de nematodos adultos.....	64
27	Correlaciones en la semana 20 de corderos Criollo con inóculo.....	65
28	Correlaciones en la semana 20 de corderos Suffolk con inóculo.....	66
29	Correlaciones en la semana 20 de corderos Criollo sin inóculo.....	66
30	Correlaciones en la semana 20 de corderos Suffolk sin inóculo.....	70

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig.</b>		<b>Pág.</b>
1	Nematodos adultos de <i>Haemonchus contortus</i> sobre las paredes del abomaso de corderos.....	20
2	Huevos de <i>Haemonchus contortus</i> observados microscópicamente (10X).....	20
3	Ciclo de vida de los nemátodos gastrointestinales en las ovejas.....	21
4	Rebaño de ovinos Criollo en el Valle del Mezquital, Hidalgo.....	25
5	Ovejas y cordero de genotipo Criollo.....	27
6	Interacción Inoculación x Semana en el numero de huevos por gramo de heces....	47
7	Número de huevos por gramo de heces en 20 semanas.....	47
8	Efecto de la interacción Inoculación x Semana en el hematocrito.....	49
9	Efecto de la interacción Inoculación x Semana en la hemoglobina.....	50
10	Interacción Inoculación x Semana en el color de la mucosa ocular.....	52
11	Efecto de la interacción Inoculación x Semana en el conteo de eosinofilos.....	54
12	Interacción Inoculación x Semana en el peso corporal.....	55
13	Efecto de la triple interacción GxIxS en el peso corporal.....	56
14	Interacción Inoculación x Semana en la ganancia diaria de peso.....	58
15	Efecto de la triple interacción GxIxS en la ganancia diaria de peso.....	59
16	Interacción Genotipo x Semana en la condición corporal.....	61
17	Interacción Inoculación x Semana en la condición corporal.....	62
18	Efecto de la triple interacción G x I x S en la condición corporal.....	63

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1 Valores medios $\pm$ error estándar de la característica huevos por gramo de heces de cada grupo tratado y por semana.....	83
2 Valores medios $\pm$ error estándar de Hematocrito de cada grupo tratado y por semana.....	84
3 Valores medios $\pm$ error estándar de Hemoglobina de cada grupo tratado y por semana.....	85
4 Valores medios $\pm$ error estándar de color de la mucosa ocular de cada grupo tratado y por semana.....	86
5 Valores medios $\pm$ error estándar de cuantificación de eosinófilos sanguíneos de cada grupo tratado y por semana.....	87
6 Valores medios $\pm$ error estándar del peso corporal de cada grupo tratado y por semana.....	88
7 Valores medios $\pm$ error estándar de ganancia diaria de peso de cada grupo tratado y por semana.....	89
8 Valores medios $\pm$ error estándar de la condición corporal de cada grupo tratado y por semana.....	90
9 Medias de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar de las características en corderos Criollo y Suffolk.....	91
10 Medias de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar de las características estudiadas por efecto de la inoculación.....	91

## 1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura en México ha cobrado auge en los últimos años, en parte debido a la alta demanda de sus productos y a los altos precios que han alcanzado los ovinos y sus derivados. La ovinocultura ha desarrollado sus propias opciones de cambio tecnológico, tomando como punto de partida la disponibilidad de recursos, las características de los sistemas de producción y las exigencias del mercado. Para fomentar esta actividad se han realizado programas gubernamentales, intercambio entre investigadores y productores, asistencia técnica, capacitación, y establecimiento de programas estrictos de manejo integral en rebaños afiliados en AMCO, entre otros.

La eficiencia en el proceso de producción depende de los sistemas de producción acordes a las diversas zonas ecológicas, alojamiento, alimentación y control de las enfermedades, así como al potencial genético de las diferentes razas o cruza. Un factor importante que limita la producción ovina son las parasitosis gastrointestinales. Las enfermedades causadas por estos parásitos provocan bajas en el rendimiento productivo, largos periodos de engorda, elevados consumos de alimento y desórdenes nutricionales que a su vez repercuten en la actividad reproductiva e incluso pueden ocasionar la muerte (Larsen *et al.*, 1995; Bahirathan *et al.*, 1996).

Las enfermedades parasitarias se encuentran entre las causas más frecuentes e importantes que ocasionan una considerable disminución en la productividad zootécnica y afectan la economía de los sistemas de producción animal de todo el mundo, trayendo como consecuencia bajas utilidades y pérdidas al productor (Bahirathan *et al.*, 1996; Flores, 2003; Vanimisetti *et al.*, 2004b). Para hacer frente a este problema los productores han recurrido al uso de antihelmínticos. Sin embargo, además del costo que esto representa, cada vez es más frecuente el hallazgo en los rebaños de nematodos gastrointestinales resistentes a los antihelmínticos (Cuellar, 2007), lo que genera la necesidad de emplear otras estrategias para su control prescindiendo del uso de fármacos antihelmínticos. Una de las estrategias es la utilización de razas de ovinos resistentes a los nematodos, o bien, con una alta capacidad de recuperación a su infestación. Hasta ahora, la mayoría de las evaluaciones de resistencia o susceptibilidad han sido realizadas

en ovinos de razas mejoradas, demostrando que los programas de selección para esta característica son posibles; sin embargo la información obtenida en ovinos Criollo ha sido escasa, genotipo abundante en México (Solís y Romero, 2005). Por lo anterior, se considera importante evaluar los genotipos ovinos prevalecientes en México, así como entender los mecanismos involucrados en estos fenómenos, por lo que se propone la identificación y selección de genotipos ovinos resistentes a infestaciones parasitarias, con el propósito de prescindir del uso de fármacos y que no se altere su capacidad productiva.

En esta investigación se comparó la susceptibilidad de los genotipos Criollo y Suffolk a la infestación por *Haemonchus contortus*, a través de diferentes características fisiológicas y productivas. Algunos antecedentes sugieren que la resistencia a la infestación de parásitos es más eficiente en los ovinos Criollo que en las razas mejoradas, como es la raza Suffolk, de gran tradición y uso en el país desde hace varios años (Mennasé, 2000; Romano, 2001).

El genotipo que presente menor susceptibilidad a la infección con *H. contortus*, por tratarse de un parásito de mayor abundancia en el país, será una alternativa para el mejoramiento de rebaños ovinos, particularmente en donde no exista la posibilidad de aplicar antihelmínticos por los altos costos que representan, y con los que se podrán establecer programas de selección genética, para así mejorar los niveles productivos de los rebaños.

En base a lo anterior, se plantean los siguientes objetivos:

General:

- Evaluar la susceptibilidad de corderos Criollo y Suffolk a una inoculación experimental con larvas infectantes L<sub>3</sub> de *Haemonchus contortus*.

Específicos: (en ambos genotipos)

1. Determinar el conteo de huevos en heces y de nemátodos adultos.
2. Determinar la variación sanguínea de hematocrito, hemoglobina, cuantificación de eosinófilos sanguíneos y color de la mucosa ocular (sistema FAMACHA).
3. Determinar los cambios en cuanto al peso corporal, ganancia diaria de peso y condición corporal.
4. Determinar las correlaciones fenotípicas entre las características evaluadas.

De la misma manera se han establecido las siguientes hipótesis:

General:

- Existen diferencias en susceptibilidad de corderos Criollo y Suffolk a la inoculación experimental con *Haemonchus contortus*.

Específicos:

1. Los corderos Criollo presentan menor número de huevos por gramo de heces y nematodos adultos que los ovinos de raza Suffolk.
2. Los corderos Criollo presentan valores más altos de hematocrito, hemoglobina y cantidad de eosinófilos que los Suffolk.
3. Los corderos Criollo tienen menor variación en el peso corporal, ganancia diaria de peso y condición corporal que los Suffolk.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Situación de la Ovinocultura en México**

Hasta hace varios años la producción ovina se consideraba marginal, asociada y considerada para ganaderos pobres dentro del sector pecuario, incluso de las instituciones de educación superior que la relegaban muy por debajo de los bovinos, porcinos y aves. Actualmente, los altos precios que han alcanzado los ovinos, convierten a la ovinocultura en una actividad atractiva, tanto que muchos productores tradicionales han dispuesto hacer grandes inversiones, haciéndola una actividad empresarial y de vanguardia (Cuellar, 2004a). Los sistemas de producción ovina prevalecientes en su mayoría son rebaños con bajos índices de producción, ausencia de programas de manejo adecuados, aún existen productores con poco interés en constituir una empresa económicamente redituable (Cuellar, 2007); no obstante, también cada vez son más los ovinocultores que mejoran sus sistemas de producción y manejo, así como la calidad genética de su rebaño buscando alcanzar la mayor eficiencia.

El mercado de la lana ha decaído, debido a la sustitución por fibras sintéticas y a la baja en el precio, en muchos casos representa pérdidas para el dueño de los animales y solo con fines artesanales es empleada satisfactoriamente en algunos estados de la República (Cuellar, 2004a); en tanto que la leche de oveja y producción de quesos sólo está dirigido a mercados especiales, la producción de carne es la que actualmente representa un mercado mas atractivo. La interacción de factores como la genética, alimentación, manejo, reproducción, sanidad, economía, comercialización, influyen en la rentabilidad. El productor deberá prepararse para obtener el máximo potencial productivo de sus animales, evaluando algunas características como la eficiencia en el uso del alimento, la ganancia diaria de peso, capacidad reproductiva, características de la canal, entre otras. La ovinocultura está orientada hacia la producción de carne, por lo que todas las estrategias de mejoramiento de la producción ovina deberán estar encaminadas a los sistemas de selección y cruzamiento, uso de distintas razas, considerando el desempeño productivo del animal durante su crecimiento y finalización, el peso del animal en pie y en canal, su rendimiento, proporción y distribución de la grasa (Cuellar, 2007), entre otras.

Por otro lado, la población ovina nacional está constituida por genotipos diversos en las diferentes condiciones ecológicas (zonas templadas, tropicales, áridas y semiáridas), tipos de ganadería (subsistencia, tradicional, indígena, empresarial) y sistemas de producción (extensivo, semi-intensivo e intensivo). La población total estimada de ovinos es de 6,045,999 cabezas, de las cuales el 55% se encuentra en la zona centro del país, 23% en la centro norte, 16% en el sureste y 4% en otras regiones (SAGARPA, 2006) y por entidad federativa distribuidos en toda la República, aunque a nivel estatal destacan con mayor inventario y como principales abastecedores de carne de cordero el Estado de México con 1,018,158 cabezas de ganado ovino y el Estado de Hidalgo con 832,184 cabezas, seguidos de San Luís Potosí, Puebla, Veracruz, Zacatecas, Oaxaca, Sinaloa, Michoacán, Guanajuato y Querétaro (Arteaga, 2003; SAGARPA, 2006).

Las razas ovinas que existen en México son: Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Poll Dorset, Columbia, Polipay, Ile de France, Charollais, Corriedale, Rideau Arcott, East Friesan, Romanov, Texel y Dorset Down en las regiones norte y central; además de Pelibuey, Blackbelly, Saint Croix, Dorper y Kathadin en las regiones cálidas húmedas y subhúmedas. No obstante, los ovinos de genotipo Criollo son los que se presentan con mayor distribución y adaptación en el país. Es importante la reciente introducción de ovinos especializados como mejoradores de los rebaños nacionales ha sido notable, estas razas han beneficiado la expresión genética (F1 o cruza) de rebaños con razas tradicionales como la Suffolk, Hampshire, Dorset, Columbia, Corriedale, Rambouillet, Pelibuey, incluso el Criollo tradicional (Cuellar (2007).

En el Cuadro 1 se presenta la producción de carne ovina en el periodo 2000-2005, según datos oficiales de la SAGARPA (2006). En términos generales la producción de carne ha crecido en un porcentaje superior al 40%, desplazando a la carne congelada y borrega de desecho, fundamentalmente en función de calidad y precio (Arteaga, 2003). En los últimos años ha alcanzado un avance significativo; según datos oficiales, en el periodo 2005-2006 la producción de carne de ovino alcanzó un incremento del 5.7% en el último año, lo que equivale a un incremento en la producción del 47.6% con una reducción de las importaciones del 31% en el periodo de 2002 a 2005 (SAGARPA, 2006).

Cuadro 1. Producción de carne ovina en México en el periodo 2000-2005.

AÑO	PRODUCCIÓN (Ton).
2000	38,800
2001	36,000
2002	38,200
2003	42,200
2004	44,300
2005	45,400

Fuente: SAGARPA, 2006.

No obstante, el alto consumo y la poca oferta nacional hace necesario recurrir a las importaciones de carne congelada y de animales en pie para sacrificio, procedentes principalmente de Nueva Zelanda, Australia, Chile, Estados Unidos y Canadá (Cuellar, 2004). El tipo de consumo de la carne ovina es principalmente como “barbacoa”, platillo tradicional mexicano, siguiéndole aunque en menor importancia el cordero lechal o cordero al pastor, en sustitución del cabrito. A este respecto, también se observan cambios al incrementarse el consumo per cápita de carne de ovino de 0.5 kg habitante<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en 1990 a 0.8 k habitante<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en 2005, destacando que en el año 2004 alcanzó un consumo de 1.0 kg habitante<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cuellar, 2004a; SAGARPA, 2006).

Una característica que ha permitido el desarrollo de nuevas estrategias con respecto al mercado para el ofrecimiento de productos cárnicos de mejor calidad es la instalación y construcción de rastros frigoríficos Tipo Inspección Federal (TIF) en distintas regiones del país, regulada por autoridades y normas sanitarias rigurosas y avaladas por autoridades de la Secretaría de Salud y otras. Estos rastros TIF permiten ampliar el mercado a lugares en donde solamente ingresaba carne congelada importada de otros países, representando una ventaja para los productores nacionales.

## 2.2. Los parásitos gastrointestinales en ovinos

Las infecciones por nematodos gastrointestinales constituyen una de las limitantes más importantes en los rumiantes, causas de mortalidad y morbilidad en ovinos (Notter *et al.*, 2003), principalmente bajo condiciones de pastoreo, y más aún, en regiones calido húmedas y subhúmedas del trópico y subtropical (Pérez-García *et al.*, 2004). Generalmente, los animales en pastoreo son más susceptibles a la infección con parásitos internos, que generalmente se asocian con bajos niveles de producción, cambios en el consumo de alimento, cambios en la función gastrointestinal y en el metabolismo de proteína, energía y minerales, se reduce la utilización y aprovechamiento de nutrientes, disminuye la producción de leche y lana (Papadopoulou *et al.* 2007), así también relacionados con cambios en su composición corporal (Fox, 1997), peso vivo y ganancia de peso, asociados con elevados costos de producción por el alto consumo de antihelmínticos e, incluso, con la muerte de animales infectados (Larsen *et al.*, 1995; Baker, 1998; Vanimiseti *et al.*, 2004b, Papadopoulou *et al.* 2007).

Louvandini *et al.* (2006) relacionan las infecciones por nematodos con la reducción del consumo y en la eficiencia en el aprovechamiento de los alimentos, asociándose también con efectos negativos en el crecimiento y producción animal. La falta de apetito es un síntoma provocado por la infección parasitaria, que puede ser acompañada por cambios en la motilidad intestinal y en el pH abomasal, alteraciones en las secreciones gastrointestinales, reduciendo la capacidad de digestión y absorción. Algunos otros efectos son anemia, edema submandibular, diarrea y anorexia (Eysker y Ploeger, 2000; Gauly y Erhardt, 2001). La anemia, incluso, puede llegar a ser fatal en animales susceptibles (Amarante *et al.*, 1999; Gauly *et al.*, 2002).

El impacto sobre el medio ambiente, así como los altos costos por los tratamientos antihelmínticos, han provocado la búsqueda de diversos métodos alternativos para evitar el uso de drogas (Gauly y Erhardt, 2001; Pérez-García, *et al.*, 2004) que contrarresten los efectos perjudiciales de la parasitosis en el hospedero, incrementando el nivel de resistencia y el grado de inmunidad (Sangster, 1999).

Las estrategias usadas para el control del parásito están mayormente relacionadas con el manejo del pastoreo combinado con el uso de antihelmínticos; aunque, según Schallig *et al.* (1994), estas estrategias presentan dos inconvenientes, por un lado, las praderas limpias no fácilmente están disponibles bajo condiciones de pastoreo intensivo y por otro, aunque los antihelmínticos son en general efectivos, el desarrollo de la resistencia antihelmíntica se incrementa cada vez más.

En general, algunas de las diversas alternativas tendientes a disminuir los efectos dañinos de la infección por nematodos son, el uso de mejores sistemas de pastoreo (Gauly *et al.*, 2002), estrategias de control biológico, tales como el uso de hongos depredadores (Stear *et al.*, 2007), orgánicos como el uso de la achicoria (*Cichorium intybus*) (Athanasiadou *et al.*, 2007), el uso de bolos de óxido de cobre (Pérez-García *et al.*, 2004; Burke y Miller, 2006), suplementación alimenticia (Torres-Acosta *et al.*, 2004; Louvandini *et al.*, 2006), el uso de bloques de melaza-urea (Anindo *et al.*, 2004), desarrollo de procesos inmunológicos (Schallig *et al.*, 1994), así como la evaluación y selección genética de ovinos resistentes en diferentes situaciones y ambientes (Baker, 1988; Amarante *et al.*, 1999; Gauly *et al.*, 2002). No obstante, cada método presenta ventajas y desventajas (Stears *et al.*, 2007). Gruner y Cabaret (1988) proponen el diseño de programas de control integrado considerando el parásito, el antihelmíntico, los periodos de tratamiento, así como el manejo de las praderas. Este control integrado permitirá reducir el número de antihelmínticos requeridos, y de esta manera reducir la probabilidad de resistencia.

El empleo de razas de animales resistentes a la infestación por parásitos ha sido una de las estrategias utilizada como una alternativa de control antiparasitario que prescinde del empleo de sustancias químicas (Gruner y Cabaret, 1988; Notter *et al.*, 2003; Vanimisetti *et al.*, 2004b), especialmente considerando la gran diseminación de nematodos resistentes a los antihelmínticos (Amarante *et al.*, 1999; Bricarello *et al.*, 2004). La susceptibilidad y resiliencia a la infección por helmintos varían entre razas o individuos dentro de raza y pueden también ser ocasionadas por factores nutricionales, fisiológicos y genéticos (Gruner y Cabaret, 1988; Baker, 1998). La selección para resistencia y resiliencia puede influir positivamente para mejorar las características productivas de los rebaños ovinos.

### 2.3. La resistencia y resiliencia antihelmíntica

Baker (1998) menciona que Clunies-Ross (1932) fue el primero en reconocer la necesidad de distinguir entre resistencia a la infección y resistencia a los efectos de la infestación, de donde surgen los conceptos de resistencia y resiliencia.

Gruner y Cabaret (1988) definen la resistencia como la habilidad para suprimir el establecimiento y/o desarrollo subsecuente de una infección parasitaria, mientras que Cuellar (2004b) la define como la capacidad o habilidad para prevenir o eliminar la infección, aunque desde el punto de vista económico la resistencia se entiende como la habilidad de ovinos infectados para mantener sus niveles de producción estables. Por su parte Baker (1998) define a la resistencia como el inicio y mantenimiento de respuestas provocadas en el hospedero para suprimir el establecimiento de los parásitos y/o eliminación de la carga parasitaria. Se mide directamente con la cuantificación de HPG, o indirectamente con la determinación del volumen celular aglomerado. Las características de la resistencia se definen como aquellas que influyen en la capacidad para el control de la infección (Baker, 1998; Pérez-García *et al.*, 2004; Louvandini *et al.*, 2006) y que pueden ser evaluadas utilizando los siguientes indicadores fenotípicos:

- Conteo de huevos por gramo de heces (HPG).
- Carga de nematodos adultos, relación de machos-hembras y su longitud.
- Número de células en la membrana de la mucosa intestinal (eosinófilos y mastocitos).

La resiliencia o tolerancia se define como la habilidad del hospedero para sobrevivir y ser productivo ante una infestación por parásitos evaluado por la variación en las características productivas afectadas por los parásitos (Baker, 1998), o la capacidad o habilidad de soportar los efectos de los parásitos en la producción (Cuellar, 2004b). Louvandini *et al.* (2006) mencionan que la resiliencia se basa en la habilidad del animal para soportar las consecuencias patogénicas de una infección por endoparásitos. Puede evaluarse observando los siguientes indicadores:

- Niveles de hematocrito o volumen celular aglomerado, y hemoglobina en sangre.
- Consumo de alimento y tasa de crecimiento.
- Cambios de peso vivo (Pérez-García *et al.*, 2004).
- Ganancia diaria de peso (Torres-Acosta, 2004).

Las relaciones parásito-hospedero son complejas y la resistencia y resiliencia pueden diferir grandemente entre una y otra raza, incluso entre individuos dentro de la misma raza (Gruner y Cabaret, 1988). En general, los ovinos resistentes a infestaciones por parásitos internos se identifican porque presentan bajas cargas parasitarias cuando se exponen a una infección, además de tener una respuesta favorable en evaluaciones de tipo hematológico, bioquímico, parasitológico e inmunológico (Bricarello *et al.*, 2004).

Para evaluar la resistencia o susceptibilidad de los ovinos, estos se someten a desafíos naturales directos en las praderas (Amarante *et al.*, 2004), o a infecciones experimentales. Baker (1998) menciona que la mejor manera de seleccionar a genotipos resistentes es a través de infecciones naturales, porque la infección artificial excluye cualquier expresión de variación genética por el comportamiento en pastoreo del hospedero. En la mayoría de los estudios se han inducido infecciones con diferentes cargas parasitarias, utilizando parásitos de tres órdenes principalmente (Nematodos, Cestodos y Trematodos), siendo *Haemonchus contortus* el principal parásito involucrado (Baker, 1998). El criterio para decidir la cantidad de larvas utilizadas en la inoculación con *H. contortus* es variable. En el Cuadro 2 se presentan las cantidades de larvas utilizadas por diferentes autores con las que se han evaluado algunas razas ovinas.

Cuadro 2. Cantidad de larvas (L<sub>3</sub>) de *H. contortus* empleadas en diferentes estudios.

Genotipo	Carga	Fuente
Merino Australiano	11,000	Gruner y Cabaret, 1988.
Dorset y St. Croix	2,500	Gamble y Zajac, 1992.
Texel	10,000	Schallig <i>et al.</i> , 1994.
Florida Native y Rambouillet	6,000	Amarante <i>et al.</i> , 1999.
Rhön y Merinoland	5,000	Gauly <i>et al.</i> , 2002.
Blackbelly y Cruzas	10,000	Notter <i>et al.</i> , 2003.
Cruzas, Blackbelly e INRA 4001	10,000	Gruner <i>et al.</i> , 2003.
Dorset x Dorper	10,000	Vanimisetti <i>et al.</i> , 2004b.

## 2.4. Criterios para la selección genética de la resistencia o susceptibilidad

La selección genética de resistencia a parásitos ha sido utilizada en diferentes genotipos, bajo condiciones y ambientes diferentes (Amarante *et al.*, 1999; Gauly *et al.*, 2002) empleándose para ello diferentes criterios para su evaluación. Estos criterios que por mucho tiempo han sido considerados obedecen a los grados de asociación o correlación con la resistencia.

La cantidad de huevos en heces (HPG) y variaciones en el peso corporal se han utilizado como medidas en la selección de ovinos resistentes a parásitos gastrointestinales (Gruner y Cabaret, 1988; Gamble y Zajac, 1992; Bahirathan *et al.*, 1996; Bishop *et al.*, 1996; Wanyangu *et al.*, 1997; Baker, 1998; Eysker y Ploeger, 2000; Díaz-Rivera *et al.*, 2000; Gauly y Erhardt, 2001; Notter *et al.*, 2003; Pérez-García *et al.*, 2004; Morteo-Gómez *et al.*, 2004; Bricarello *et al.*, 2004; Vanimisetti *et al.*, 2004a,b). HPG es afectado por un conjunto de relaciones parasito-hospedero tales como la edad y nivel de inmunidad del hospedero, y especies del parásito. El uso de HPG está relacionado positivamente con la carga de nematodos adultos, varios autores (Schallig *et al.*, 1994; Pérez-García *et al.*, 2004; Gruner *et al.*, 2004; Bricarello *et al.*, 2004), indican que la carga de nematodos adultos es el mejor indicador de la resistencia, aunque para identificar al huésped resistente implica su sacrificio, de tal forma que ya no podría ser seleccionado (Baker, 1998).

Otros estudios indican criterios como la proporción de sexos y longitud de los nematodos adultos, cuantificación de eosinófilos sanguíneos (Pérez-García *et al.*, 2004), volumen del paquete celular (Baker, 1998), hematocrito (Gauly y Erhardt, 2001, Gauly *et al.*, 2002), hemoglobina, color de la mucosa ocular (Van Wyk y Bath, 2002), y otras variables sanguíneas (Bricarello *et al.*, 2004), estas últimas principalmente en estudios con parásitos hematófagos como *H. contortus*; además de variaciones en peso vivo (Pérez-García *et al.*, 2004) y condición corporal (Díaz-Rivera *et al.*, 2000; Van Wyk y Bath, 2002; Morteo-Gómez *et al.*, 2004; Louvandini *et al.*, 2006). En el Cuadro 3 se presentan los criterios utilizados por diferentes autores. La mayoría de los autores coinciden en que el mejor indicador del nivel de resistencia en diferentes razas ovinas es la cuantificación de huevos en heces, así como el conteo de nematodos adultos.

Cuadro 3. Criterios de selección relacionados con la resistencia a infecciones natural (N) y experimental (E) de nematodos gastrointestinales en diferentes genotipos ovinos.

Parásito	Tipo infección	Criterio	Genotipo	Referencia
<i>Haemonchus contortus</i>	N	HPG, VPC	Florida Native Rambouillet	Jilek y Bradley (1969)
<i>Haemonchus contortus</i>	E	HPG, número de nematodos adultos	Florida Native Rambouillet	Bradley (1973)
<i>Haemonchus contortus</i>	E	HPG, número de nematodos, albúmina.	Scottish Blackface Finn-Dorset	Altaif y Dargie (1978)
<i>Haemonchus contortus</i>	N	HPG, número de nematodos adultos	Red Maasai, Merino, Corriedale, Hampshire.	Preston y Allonby (1978)
<i>Haemonchus contortus</i>	E	HPG, numero de nematodos, sobrevivencia de ovinos.	Red Maasai, Merino, Corriedale, Hampshire.	Preston y Allonby (1979)
<i>Haemonchus contortus</i>	E	HPG, número de nematodos, VPC.	St. Croix, Florida Native, Barbados Blackbelly	Courtney <i>et al.</i> (1985)
<i>Ostertagia circumcincta</i>	N	HPG	Romney Marsh	Stewart (1973)
<i>Trichostrongylus axei</i>	E	Número de nematodos, peso corporal.	Dorset, Scottish Blackface	Ross (1970)

VPC=Volumen del paquete celular / HPG= Huevos por gramo de heces. Fuente: Gruner y Cabaret, 1988.

#### 2.4.1. El conteo fecal y exámenes coprológicos

El conteo de HPG es el procedimiento más extensamente usado en estudios en infecciones por nematodos en rumiantes, requiere de poca tecnología y es usado como un estimador del diagnóstico clínico en infecciones parasitarias, principalmente cuando las infecciones son severas; además es muy importante para la detección de resistencia a antihelmínticos (Eysker y Ploeger, 2000; Pérez-García *et al.*, 2004; Coles *et al.*, 2006).

El diagnóstico preciso por medio del examen coprológico dependerá de la seguridad de las técnicas y los métodos empleados, pero especialmente del reconocimiento de la morfología de los huevos y larvas de los parásitos (Thienpont *et al.*, 1986). Un análisis coprológico revela la presencia de huevos y larvas de parásitos de distintos grupos taxonómicos que el organismo elimina por vía fecal. Estos parásitos pueden ser del aparato digestivo, respiratorio o circulatorio.

La pérdida de sangre causadas por infecciones con el nematodo hematófago *H. contortus* puede estar relacionada con las características patológicas y con el conteo de huevos en heces del hospedero. *H. contortus* es un nematodo altamente productor de huevos y la de hpg en ovinos con anemia hace que este nematodo se identifique como el causante del problema principalmente en regiones tropicales (Eysker y Ploeger, 2000).

#### **2.4.1.1. Recolección de muestras de heces**

Las medidas higiénicas y generalidades que se recomiendan tienen que seguir las indicaciones para cada tipo de animal y usar sólo recipientes limpios y estériles. El tamaño del recipiente dependerá de la cantidad de heces que se colecten. Si las muestras son remitidas al laboratorio, esto deberá hacerse inmediatamente después de la recolección de las mismas; si el examen no es inmediato, las muestras deben mantenerse en refrigeración (Thienpont *et al.*, 1986). Cada muestra deberá identificarse con datos suficientes, incluir, por ejemplo, datos como especie del animal, raza, nombre del dueño o granja, fecha, hora en que se colectó y la identificación individual del animal. Es práctico e higiénico obtener la muestra directamente del recto con un guante de plástico; tan pronto sea recolectada, el guante es reversado hacia adentro y de ésta forma, además, sirve como recipiente de recolección, se cierra cuidadosamente y se le identifica correctamente; una vez hecho esto, la muestra se puede enviar al laboratorio (Thienpont *et al.*, 1986; Coles *et al.*, 2006).

#### **2.4.1.2. Conteo de huevos en heces (HPG)**

Uno de los métodos cuantitativos más ampliamente utilizados es el método de McMaster, cuyo fundamento se basa en el uso de gradientes de densidad utilizando solución saturada de sal o azúcar, de tal manera que los huevos de nematodos ascienden a la superficie de las cámaras de McMaster quedando los huevos en la parte superior del área delimitada, los restos generalmente sedimentan (Thienpont *et al.*, 1986; Díaz-Rivera, 2000).

Según Thienpont *et al.* (1986), el procedimiento de la técnica de McMaster modificado consiste en suspender 2 g bien pesados de heces en 60 ml de solución saturada de cloruro de sodio en un vaso de precipitados. Para eliminar las partículas de heces mayores, la suspensión puede pasarse a través de un colador y luego el residuo retenido se deberá presionar sobre una malla fina para que escurra lo mejor posible. En este caso se debe tener presente que se corre el riesgo de que muchos huevos queden en los residuos. Se mezcla la suspensión homogéneamente para una buena distribución de los huevos en el líquido. Inmediatamente llenar con una pipeta los compartimentos de la cámara de McMaster, tratando de que no queden burbujas de aire. Después de unos minutos, los huevos flotarán hacia la parte superior y se adherirán al cubreobjeto de la cámara. Con el microscopio los huevos pueden ser contados perfectamente. Cada compartimiento de la cámara tiene una superficie de 10 x 10 mm, el espacio entre el portaobjeto y el cubreobjeto es de 1.5 mm, por lo tanto, cada compartimiento contiene 0.15 ml de volumen; se deben contar por lo menos dos compartimentos y preferiblemente cuatro. Cada compartimiento contado es 0.15 ml, por lo tanto, el número de huevos en un gramo de heces se obtiene multiplicando el número de huevos encontrados en un compartimiento por 200 ( $0.15 \times 200 = 30$  ml), en donde  $HPG = y \times 200$ , en donde  $y$  es el número de huevos contados en un compartimiento (Thienpont *et al.*, 1986).

#### **2.4.2. Hematología**

El estudio de la sangre es importante, puesto que aporta información importante sobre el estado de salud de los animales, tan es así, que muchos trabajos relacionan los índices productivos con estudios sobre hematología. Por tanto, la importancia del estudio de parámetros sanguíneos radica en que a través de ellos se pueden detectar alteraciones patológicas que limitan

el desempeño productivo del animal. Son indicadores del diagnóstico de diferentes padecimientos en los animales, para la confirmación del diagnóstico y para establecer el tratamiento respectivo (Frandsen y Spurgeon, 1998).

#### **2.4.2.1. La sangre y sus componentes**

La sangre es una forma especializada de tejido hematopoyético (Martínez, 1975) compuesto por una parte líquida llamada plasma y otra que son células o corpúsculos que flotan en el plasma. El plasma sanguíneo constituye el 55% de la sangre y los elementos celulares el 45%. Se conocen tres clases de células sanguíneas: eritrocitos o glóbulos rojos, leucocitos o glóbulos blancos y trombocitos o plaquetas (Frandsen y Spurgeon, 1998).

Los glóbulos rojos o eritrocitos son células con 7.5 micras de diámetro en promedio, contienen en su interior la hemoglobina, que es una proteína especializada en el transporte de oxígeno. Su forma es discoidal bicóncava con una superficie relativamente grande para el intercambio de oxígeno por bióxido de carbono en los tejidos. Su membrana es flexible, que les permite atravesar los más estrechos capilares (Frandsen y Spurgeon, 1998).

Los glóbulos blancos o leucocitos difieren de los eritrocitos en que tienen núcleo y presentan movimientos independientes; un aumento notable de leucocitos generalmente indica la presencia de infección. Circulan por toda la sangre para combatir las infecciones o cuerpos extraños, pero en ocasiones pueden atacar los tejidos normales del propio cuerpo. Se consideran una parte importante de los sistemas inmunitarios del ser vivo. Los leucocitos se clasifican en granulocitos o polimorfonucleares (Neutrófilos, Eosinófilos y Basófilos) y agranulocitos o mononucleares (Monocitos y Linfocitos), según el contenido de gránulos dentro del citoplasma y forma del núcleo (Adams, 1981). La presencia de cada una de estos leucocitos detectados mediante un hemograma puede orientar hacia una u otra enfermedad o infección. Los eosinófilos, que en condiciones normales son escasos, aumentan en ciertas afecciones crónicas como las infestaciones parasitarias, así como en reacciones alérgicas.

Las plaquetas, también llamadas trombocitos, son fragmentos de megacariocitos, células formadas en la médula ósea; miden de 2 a 4 micrómetros. Son muy importantes para la coagulación sanguínea; al adherirse a las paredes de los vasos sanguíneos y entre sí en la zona de la lesión, las plaquetas forman un tapón hemostático sobre el cual se forma un trombo blanco (coágulo), el cual evita la pérdida de sangre de los vasos lesionados (Frandsen y Spurgeon, 1998).

En un estudio rutinario de hematología, se cuantifican y evalúan diferentes grupos celulares. Así por ejemplo, la cantidad de glóbulos rojos puede ofrecer datos de la salud o de la presencia de una anemia o diferentes enfermedades. La concentración de hemoglobina ofrece datos complementarios sobre la posible alteración de glóbulos rojos.

#### **2.4.2.2. Extracción de sangre**

Los exámenes hematológicos se realizan satisfactoriamente con la sangre venosa (Coffin, 1986). Para la extracción de sangre se emplea la técnica descrita por Benjamín (1991), por punción de la vena yugular. Se sujeta el cordero tomándolo por la mandíbula y se gira hacia arriba y ligeramente de lado. Otra persona coloca su pulgar izquierdo en el surco de la yugular para impedir el flujo de sangre y lograr la turgencia de la vena yugular, al mismo tiempo se logra anclar la vena mientras con su mano diestra manipula la aguja y el tubo de vacío del tipo vacutainer conteniendo el anticoagulante.

#### **2.4.3. El hematocrito**

El hematocrito es la proporción de la masa de eritrocitos con relación al volumen sanguíneo, o dicho de otra manera, el volumen total de glóbulos rojos. Mediante su determinación se mide el paquete de glóbulos rojos comparándolo con los restantes constituyentes sanguíneos. Normalmente el volumen de eritrocitos está en proporción directa con el número de los mismos y con la cantidad de hemoglobina. En el caso particular de las infestaciones con las especies *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus axei* y *Teladorsagia circumcincta*, en pequeños rumiantes, se ha observado que el volumen total de glóbulos rojos o

volumen celular aglomerado, disminuye como consecuencia de la pérdida de sangre, insuficiencia de la hematopoyesis, asociada con disminución del apetito, carencia de hierro y perturbación de la absorción intestinal de nutrientes (Mandonnet, 1995). Por consiguiente, la medición de este parámetro puede utilizarse como un indicador indirecto de la resistencia a la infestación parasitaria, en particular en aquellas regiones del país en las cuales esté demostrada la existencia de las especies parásitas hematófagas, ya que aquellos animales que en dichas regiones presenten valores de hematocrito normales o próximos a los valores normales, están reflejando su mayor adaptabilidad al medio y mayor resistencia a la infestación parasitaria (Morales *et al.*, 1998). Es por ello que esta prueba proporciona la misma información que la cuenta de eritrocitos o la determinación de hemoglobina. En ciertas anemias (Van Wyk *et al.*, 2002), esta interrelación cambia, siendo necesario correlacionar los datos del hematocrito, del número de eritrocitos y de la determinación de hemoglobina con el fin de poder precisar la etiología (Coffin, 1986).

Las causas de un índice bajo de hematocrito son: anemia, fallas en la médula ósea, gestación, hemorragias, hipertiroidismo, hemólisis (destrucción de glóbulos rojos) por una transfusión, leucemia, desnutrición y artritis reumatoide. Las causas de un índice alto de hematocrito son: cardiopatías, deshidratación, eclampsia (en la gestación), enfermedades pulmonares crónicas y exceso de formación de glóbulos rojos (Coffin, 1986).

#### **2.4.3.1. Determinación de hematocrito**

Los eritrocitos tienen una densidad específica más elevada, se separan por medio de centrifugación a gran velocidad de los otros elementos que aparecen desde la parte superior hasta el fondo en el siguiente orden: plasma, costra logística y eritrocitos. Existen diferentes métodos para determinar el hematocrito, el más comúnmente usado es el método de Wintrobe (Benjamín, 1991) que se describe a continuación. Se utiliza un tubo de calibre uniforme (3 mm) calibrado longitudinalmente en 10 cm o 100 mm. Los números de la derecha se leen de 0 a 10 y se utilizan para las determinaciones del volumen celular aglomerado (VCA). Los números de la izquierda de la escala se leen hacia abajo de 0 a 10, y se utilizan para el índice de sedimentación eritrocítica. La sangre extraída de la yugular contenida en el tubo vacutainer se agita de

inmediato para evitar la coagulación. La sangre se coloca en el tubo para hematocrito de Wintrobe por medio de una pipeta especial que tiene el largo suficiente para llegar hasta el fondo del tubo y se va retirando lentamente, a una velocidad que impida la formación de burbujas. La muestra se somete a centrifugación durante 60 min a 3,000 rpm. Posteriormente, el valor del hematocrito se lee en la parte superior del paquete de eritrocitos que están inmediatos a la capa flogística (Benjamín, 1991).

#### **2.4.4. Coloración de la mucosa ocular: Sistema FAMACHA**

La anemia es una disminución de la cantidad normal de eritrocitos por microlitro, del valor de la hemoglobina y del volumen celular aglomerado. La anemia no es una enfermedad, sino un signo de enfermedad subyacente (Benjamín, 1991).

El Sistema FAMACHA es la técnica que nos permite identificar clínicamente el desarrollo de anemia ocasionada por la presencia de *H. contortus* (Van Wyk y Bath, 2002; Van Wyk *et al.*, 2002). FAMACHA es un acrónimo derivado del nombre del creador de la idea, Dr. Faffa Malan Chart. Esta técnica es la que ofrece el mejor criterio para dar tratamiento antihelmíntico, seguido de la condición corporal y finalmente los cambios en el peso corporal de los animales. Durante el curso de la haemoncosis, el color de la conjuntiva de los ovinos cambia desde el rojo de ovinos sanos, a tonos rosa o prácticamente blanco, como resultado de una anemia incrementada progresivamente. Van Wyk y Bath (2002) clasifican estos cambios en la coloración en 5 categorías:

Categoría	Color
1	Rojo
2	Rojo-rosado
3	Rosado
4	Rosado-Blanquecino
5	Blanco

La apreciación visual requiere de entrenamiento y capacitación por ser un método subjetivo, no obstante, se reportan algunos problemas que conducen a errores de diagnóstico tales como diagnóstico incorrecto por el evaluador, incidencia de infecciones como pasteurelisis y enfermedad del riñón pulposo (Van Wyk y Bath, 2002). El grado de los cambios en la coloración se ha relacionado con los valores de hematocrito, de esta manera las categorías descriptivas incluyen 5 rangos basados en el hematocrito (Van Wyk y Bath, 2002):

Categoría	Rangos (Hematocrito)
1	$\geq 28$
2	23 – 27
3	18 – 22
4	13 – 17
5	$< 12$

Este método se ha enfocado al control de infecciones por *H. contortus*, dando tratamiento sólo a los animales que tengan mucosas conjuntivas pálidas, lo cual puede ser el reflejo de una anemia causada por una infección severa. Una vez detectados los ovinos incapaces de lidiar con la haemoncosis, pueden identificarse para una atención especial sin tener que tratar a todo el rebaño; y a largo plazo considerando que la resistencia y resiliencia son heredables, puede realizarse selección de ovinos criando un rebaño resiliente y genéticamente adaptado al medio (Cuellar, 2004b).

## 2.5. Descripción morfológica y funcional de *Haemonchus contortus*

*H. contortus* es el de mayor importancia dentro de los nematodos gastrointestinales localizados en el abomaso de los ovinos, caprinos, bovinos y otros rumiantes. Abunda en regiones tropicales y subtropicales de casi todo el mundo, así como también de regiones templadas durante el verano lluvioso y caluroso (Amarante *et al.*, 1999) provocando bajas importantes en la producción ovina y caprina (Pérez *et al.*, 2002). Mide de 25-40 mm de longitud (1 a 4 cm de largo), las especies de *Ostertagia* son la mitad de tamaño, aproximadamente de 15-20 mm, y los del género *Trichostrongylus* son menores (7-10 mm). Se alimentan de sangre

mientras están adheridas en la pared del abomaso. Una o las tres especies pueden estar presentes en un animal, y pueden ser pocos especímenes o millares los que estén alojados (Del Pino, 1999) (Figura 1).

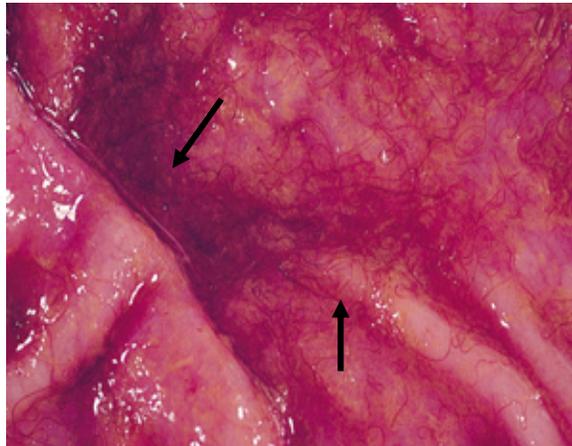


Figura 1. Nemátodos adultos de *Haemonchus contortus* sobre las paredes del abomaso de corderos (Fuente: Martínez *et al.*, 1999).

El ciclo de vida incluye dos estadios, el de vida libre y el de parásito (Figura 4). Los nemátodos adultos se encuentran cerca de la pared o adheridos al abomaso. En el abomaso los machos y las hembras copulan, la hembra puede poner de 5,000 a 10,000 huevos al día. Los huevos fértiles (Figura 2) bajan por el tubo digestivo del huésped y caen junto con las heces al suelo, en pocos días una larva con vida libre se desarrolla dentro del huevo del que nacerá eventualmente (Del Pino, 1999; Martínez *et al.*, 1999).



Figura 2. Huevos de *Haemonchus contortus* observadas microscópicamente (10X). (Fotos proporcionadas por Eliseo Romero Escobedo).

La larva continúa su desarrollo de vida libre mediante una segunda etapa endoparasítica antes de ser larva infectante, en la que ya es capaz de establecer una infección. Este desarrollo puede tardar tres o cuatro días en los meses más cálidos y condiciones favorables, o varias semanas durante el tiempo de más frío. Las ovejas se infectan al consumir alimentos o agua contaminados con el estiércol que contiene las larvas infectantes. Después de dos a cuatro semanas de ingerir la larva, el parásito desarrolla en nematodo adulto, macho o hembra. En el otoño, las larvas infectantes en los pastos pueden disminuir el metabolismo y su desarrollo, y comúnmente en la primavera, reanudar su desarrollo (Del Pino, 1999).

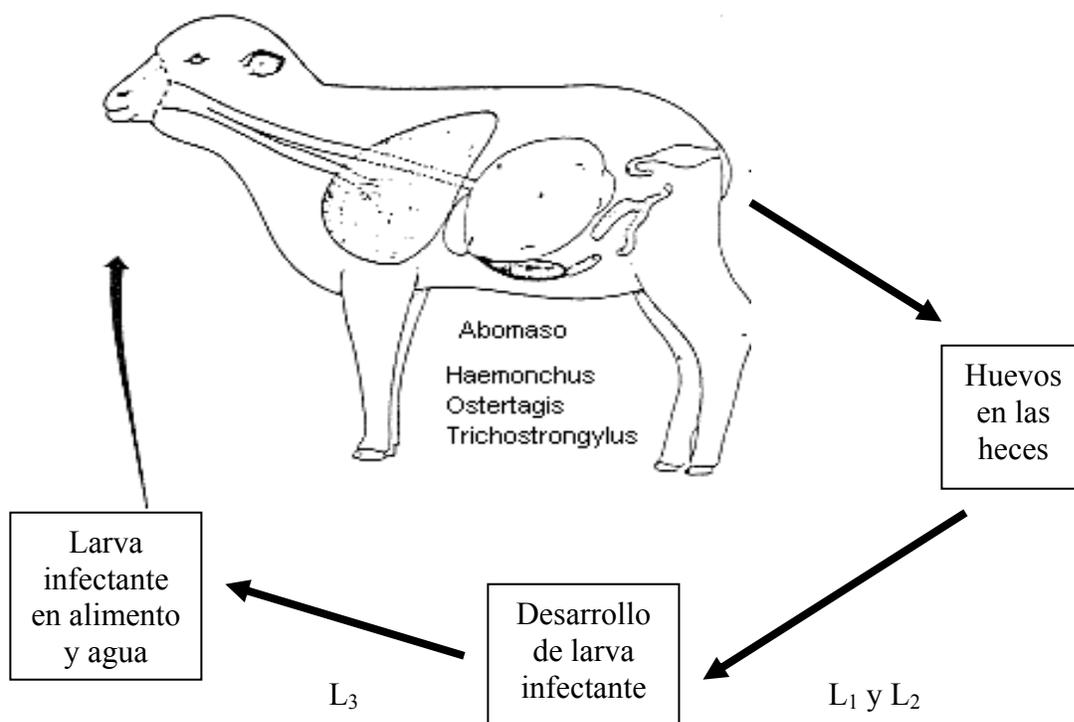


Figura 3. Ciclo de vida de los nemátodos gastrointestinales en las ovejas (Del Pino, 1999).

Las infecciones ligeras (aproximadamente de 1,000 ejemplares de *H contortus* ocasionarán lesiones en las ovejas y particularmente en corderos. Aunque las infecciones pueden ocurrir en todas las edades, generalmente los animales con edades entre 2 y 24 meses son más afectados. Las ovejas más adultas pueden ser más resistentes a las infecciones, como consecuencia de infecciones adquiridas anteriormente (Del Pino, 1999).

Los animales infectados con grandes cantidades de *H contortus* pueden mostrar diarrea, deshidratación, pérdida de apetito, pérdida de peso, anemia (Amarante *et al.*, 1999) o disminución de glóbulos rojos, deficiencias de hierro y generalmente pérdida de condición corporal, palidez en la mucosa oral y una hinchazón debajo de la mandíbula (Martínez *et al.*, 1999). Las infecciones ligeras (menos de 1,000 ejemplares) pueden no ocasionar diarrea, los animales aparecerán saludables, pero su tasa de crecimiento no será normal. *Trichostrongylus* es menor que *Haemonchus* y succiona menos sangre cuando se compara a un número igual de las otras especies, y por lo tanto tiene menos efecto sobre la oveja. Las medidas de control deben ir dirigidas a prevenir la contaminación del local y de los pastos con huevos del parásito. Las ovejas deberían alimentarse en comederos para impedir la contaminación del alimento por las heces y el estiércol deberá retirarse de los corrales con regularidad (Del Pino, 1999; Martínez *et al.*, 1999).

## **2.6. Variabilidad genética de la resistencia a los parásitos gastrointestinales**

Los parásitos gastrointestinales han desarrollado habilidades y mecanismos para adaptarse al hospedero de manera eficaz repercutiendo en la susceptibilidad del hospedero (Ocadiz, 1990). No obstante, la respuesta genética en resistencia o susceptibilidad a la infección con nematodos gastrointestinales se manifiesta de manera diferente considerando la variación entre y dentro de razas (Notter *et al.*, 2003; Peña *et al.*, 2004) y está bajo control genético (Stear y Murray, 1994). Esta variación genética ha sido documentada principalmente con razas tropicales y subtropicales, tales como la Red Maasai, St. Croix, Florida Native y Blackbelly (Baker, 1998; Vanimisetti *et al.*, 2004b).

La influencia genética de la resistencia a parásitos gastrointestinales ha recibido mucha importancia, considerando los efectos negativos sobre la capacidad productiva del hospedero, y se ha determinado que esta resistencia está influida por un gran conjunto de genes; es decir, es de naturaleza poligénica. Sayers *et al.* (2005), reportan en corderos Suffolk y Texel, que el gen identificado como Ovar-DRB1 juega un papel importante en la resistencia a infecciones por nemátodos.

Por otro lado, la importancia de considerar la heredabilidad en programas de selección hacia resistencia o susceptibilidad radica en que la relativamente rápida ganancia genética en estos programas ocurrirá en la medida que se seleccionen los mejores machos como sementales para producir la siguiente generación. Algunos estudios han sido realizados determinando la heredabilidad de esta característica, pero al mismo tiempo considerando los diversos mecanismos de resistencia que provocan esta diferencia en el comportamiento de diferentes razas de ovinos.

Gruner y Cabaret (1988) reportan en ovinos Merino Australiano infectados con larvas de *H. contortus*, una heredabilidad de la resistencia de 0.28. Sréter *et al* (1994) reportaron que la heredabilidad de la susceptibilidad a la infección con *H. contortus* es de  $0.49 \pm 0.17$  y mencionan que la heredabilidad para resistencia se considera moderada, lo que hace suponer que los valores son similares a las de otras características productivas, tales como ganancia de peso y peso vivo.

En un trabajo realizado con ovinos Rhön infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales, Gauly y Erhardt (2001) estimaron heredabilidades para  $\log_{10}(\text{hpg}+25)$  entre 0.11 y 0.44 y para hematocrito entre 0.19 y 0.26, mientras que Baker (1998) reportó que la heredabilidad para HPG oscila alrededor de 0.32, y para el volumen del paquete celular es de 0.35. Van Wyk y Bath (2002) reportaron valores de  $0.47 \pm 0.2$  y  $0.55 \pm 0.2$  para las variables color de la conjuntiva (FAMACHA) y hematocrito, respectivamente.

La estimación de algunos parámetros genéticos ha permitido la realización de programas de selección; y una estrategia de control de infecciones por nematodos en ovinos es la implementación de programas de mejoramiento por selección de genes asociados con la resistencia (Sayers *et al*, 2005); no obstante, antes de establecer estos programas es importante evaluar los recursos genéticos con los que se cuenta. En tanto que el cruzamiento puede ser usado para combinar y mejorar las características de dos razas y ofrece la oportunidad para alcanzar avances genéticos en una generación, lo que bajo otras condiciones pudiera requerir de varias generaciones para lograrlo (Van Vleck *et al*, 1987), no obstante, antes de definir los genotipos ovinos para el cruzamiento, es necesario establecer previamente programas de selección.

## 2.7. Razas de ovinos con resistencia a los parásitos gastrointestinales

En varias partes del mundo se ha encontrado que algunas razas ovinas como Florida Native (Courtney *et al.*, 1985; Amarante *et al.*, 1999), St. Croix (Gamble y Zajac, 1992), Red Massai (Mugambi *et al.*, 1997; Wanyangu *et al.*, 1997, Baker, 1998) y Gulf Coast Native (Bahirathan *et al.*, 1996, Miller *et al.*, 1998, Peña *et al.*, 2004) son consideradas genéticamente resistentes a infecciones por nematodos gastrointestinales. Baker (1998) mencionó que algunas razas nativas o genotipos no mejorados se han identificado como relativamente resistentes o tolerantes, tal es el caso de Red Massai, Djallonke y Sabi en África, St. Croix y Blackbelly en el Caribe, Florida Native, Louisiana Native y Navajo en Norteamérica, así como Garole en la India.

Los ovinos Gulf Coast Native y St. Croix presentan mayor resistencia a *H. contortus* que Suffolk, Rambouillet, Finn-Dorset x Rambouillet o Dorper (Gruner *et al.*, 2003, Peña *et al.*, 2004). Similarmente, Vanimisetti *et al.* (2004b) consideran que las razas tropicales y subtropicales Red Massai, St. Croix, Florida Native y Barbados Blackbelly son más resistentes a infecciones por *Trichostrongylus* que las de origen templado como Dorset y Rambouillet. Los ovinos Criollo en México se han considerado por mucho tiempo resistentes a los parásitos gastrointestinales comparado con otras razas mejoradas. Esto coincide con lo señalado por Baker (1998), quien menciona que las razas nativas o mejoradas bajo selección natural son más resistentes, mismas que han sobrevivido por mucho tiempo.

En lo que se ha coincidido en la mayoría de los casos es que parte de esta resistencia ha sido adquirida a través de procesos de selección natural a lo largo del tiempo, influyendo mucho las condiciones en las que han sobrevivido estos genotipos.

## 2.8. Los ovinos Criollo

### 2.8.1. Origen

Los ovinos de lana fueron introducidos a México por Francisco de Montejo en 1525 por la Península de Yucatán y de donde fueron llevados al altiplano (De Lucas y Arbiza, 1996). Aunque el origen del ovino criollo aún es incierto, se considera que los ovinos introducidos eran de razas autóctonas españolas como la Lacha, Churra, Manchega e influencia del Merino, mismas que darían origen al actual ovino Criollo, identificado y descrito principalmente en la región del Altiplano Central (Martínez, 1989; Solís, 1992). En los Altos de Chiapas se encuentra el Borrego Chiapas, cuyo origen es similar al ovino Criollo del Altiplano, Perezgrovas (1998) indica que el ovino Chiapas blanco, negro y café, descende de las razas Churra, Lacha y Castellana. Un aspecto a resaltar de estos ovinos es que no se conservó el sistema de producción trashumante español, no hubo un control en los empadres, se elevó el grado de consanguinidad y no se tuvo ningún avance genético (De Lucas y Arbiza, 1996), generándose diversos fenotipos en diferentes ambientes y altitudes. Sin que pueda hablarse del grado de pureza, resalta a la vista que los Criollo dominaron y demuestran ser prepotentes, ya que han fijado sus características a través de muchas generaciones.



Figura 4. Rebaño de ovinos Criollo en el Valle del Mezquital, Hidalgo (Foto proporcionada por José Solís Ramírez).

Los ovinos Criollo han desarrollado un proceso de adaptación a condiciones difíciles de subsistencia a través de mecanismos de selección natural, proceso de adaptación que ha garantizado la existencia y reproducción del sistema ovino tradicional (Martínez, 1989).

Particularmente en las regiones donde no ha habido mezcla con otras razas presenta unidad de tipo. Por su notable poder de adaptación, cumplen una función muy importante por el aprovechamiento de los recursos vegetales en los campos más pobres, en bosques o llanos de las partes montañosas templadas y semiáridas, obedeciendo en parte también a las necesidades de productores marginados, transformándolos en productos para la alimentación y vestido del hombre. En regiones donde aún se conservan como en los Altos de Chiapas, en la Sierra de Zongolica y en el Valle del Mezquital, estos animales forman parte importante del nivel y forma de vida de sus habitantes, como una alternativa para la economía de las poblaciones rurales para satisfacer necesidades inmediatas (Solís y Romero, 2005).

### **2.8.2. Características generales**

Se caracterizan por presentar temperamento activo, poseen cabeza pequeña que en ocasiones presenta lana y a veces pelo, pueden presentar cuernos o ser acornes, con orejas pequeñas, levantadas y cubiertas de pelo, poseen patas muy delgadas, de huesos finos y la mayoría de las veces desprovistas de lana (Figura 5). Los machos adultos pesan de 50 a 70 k y las hembras de 35 a 50 k. Tienen una gran precocidad. Son adaptables a condiciones de clima y suelo desfavorables, como las zonas altas y montañosas, lo que los hace resistentes a climas extremos, cualidad de gran valor por su resistencia (Romero y Solís, 1999). En el Cuadro 4 se presentan algunas características descriptivas de los ovinos Criollo.



Figura 5. Ovejas y cordero de genotipo Criollo (Fotos proporcionadas por Eliseo Romero Escobedo).

Cuadro 4. Principales características productivas y reproductivas de los ovinos Criollo.

Característica	Valor	Referencia
Altura a la cruz (cm)	40 – 67	Salinas y Solís, 1996; Romero y Solís, 1999.
Peso al nacimiento (kg)	3.26 ± 0.19	Meraz y Martínez, 1997.
Peso al destete (kg)	10.56 ± 1.04	Meraz y Martínez, 1997.
Ganancia diaria de peso (g d <sup>-1</sup> )	146	Beytia y Jiménez, 2000.
Conversión alimenticia	7.7	Beytia y Jiménez, 2000.
Eficiencia alimenticia	0.16	Beytia y Jiménez, 2000.
Rendimiento en canal (%)	52.36	Salinas y Solís, 1996.
Fertilidad (%)	83 – 88	Peralta <i>et al.</i> , 1992.
Prolificidad (%)	94 – 100	Peralta <i>et al.</i> , 1992.

Otras características de importancia del Criollo son:

- Adaptación a condiciones climáticas diversas.
- Resistencia a parásitos y enfermedades.

- Pueden sobrevivir alimentados sólo con rastrojos, incluso en pastoreo con poco forraje y aún en épocas secas.
- Adaptabilidad a sistemas agrosilvopastoriles.
- Factibilidad en la producción orgánica.
- Aceptables rendimientos, calidad y sabor de la carne.
- Productividad en la calidad de la lana para su procesamiento, y
- Adaptación a condiciones económicas restringidas.

### **2.8.3. Utilización, aprovechamiento y conservación de los ovinos Criollo**

Como parte del mejoramiento de las explotaciones ovinas, la mayoría de los productores permiten el cruzamiento de sus animales (criollo o cruzados) con razas especializadas para ciertas características, buscando en cada generación mejorar sus índices productivos. Lo grave de estos cruzamientos es que se realizan sin una base genética planeada y ordenada, y sin tomar en cuenta que los animales más productivos demandarán un mejor ambiente; además de causar en muchos casos pérdida irreversible de genes valiosos que estos animales poseen a través de muchas generaciones (erosión genética), y como lo señalan Hassen *et al* (2004), pueden incluso considerarse como en grave peligro de extinción.

Independientemente de la región en que se encuentren, es conocido que los ovinos Criollo se ubican con productores de zonas marginadas, donde la aplicación de manejos con tecnologías mejoradas es mínima debido a razones económicas, a la ignorancia, o bien, a que no ven la necesidad de aplicarlas en sus animales. Sin embargo, bajo las condiciones en que estos animales han sobrevivido por generaciones los hace ser dignos de atención y estudio, además de ser considerados actualmente y después de tanto tiempo de adaptación a un medio difícil como un recurso genético de México, el cual puede perderse si no se actúa de una forma adecuada en su manejo (Solís, 1992).

La conservación de los recursos zoogenéticos Criollo nace como una política para generar tecnología alternativa a la gran erosión en los recursos genéticos ovinos en el mundo y así poder disponer de manera sostenible de este recurso tan importante en algunas regiones para el consumo humano y para la elaboración de artesanías (Solís, 1992). Al mismo tiempo, es fundamental reconocer que en México no existen evaluaciones genéticas y productivas, se carece de registros genealógicos de estos ovinos, por lo que el campo es amplio para la generación de información científica a partir de la cual sea posible planear correctamente su aprovechamiento y mejoramiento (Solís y Romero, 2005).

En la Universidad Autónoma Chapingo existe un rebaño de ovinos Criollo para su conservación in situ, núcleo abierto. La población inicial se introdujo en 1989 de rebaños tradicionales del Valle del Mezquital, Hidalgo, y del Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Con el tiempo se ha ido incrementado la población, mediante esquemas de reproducción natural y artificial, controlando la consanguinidad, seleccionando e introduciendo sementales con características fenotípicas definidas de estas regiones; por lo que el proyecto pretende caracterizar a la población ovina Criolla de la parte central del Altiplano Mexicano.

En este rebaño se han realizado varias investigaciones tendientes a su caracterización y generación de información necesaria para documentar lo que son y su uso potencial. Una meta principal del proyecto es la de establecer una estrategia genética adecuada que permita hacer un mejor uso del recurso en esquemas de cruzamiento con otras razas, o bien, obtener sementales mediante selección para los productores, además de la generación de información científica. La conservación y aprovechamiento de los ovinos Criollo pretende mantener un banco de germoplasma y generar tecnología alternativa para diferentes regiones del país que apoye la alimentación, vestido, producción de abono y artesanías de miles de familias mexicanas (Solís, 1992).

## 2.9. Estudios de resistencia realizados en diferentes razas

Debido a la gran variación en el comportamiento de los diferentes genotipos ovinos ante infestaciones parasitarias, son importantes las evaluaciones del grado de resistencia o susceptibilidad considerando distintos criterios; estos estudios han permitido identificar a los ovinos resistentes o menos susceptibles como una estrategia de control parasitario.

Notter *et al.* (2003) realizaron un experimento comparando ovinos de pelo y de lana inoculados con aproximadamente 10,000 larvas L<sub>3</sub> de *H. contortus*. Los ovinos de pelo fueron originados a partir de cruzas recíprocas con ovinos Blackbelly, en tanto que los de lana fueron originados a partir de cruzas compuestas por 50% Dorset, 25% Rambouillet y 25% Finnish Landrace. Durante siete semanas los corderos de lana presentaron mayores pesos corporales ( $39.7 \pm 0.8$ ) que los de pelo ( $28.2 \pm 1.5$ ). Los efectos de raza, sexo, interacción raza x sexo, tiempo y la interacción tiempo x raza influyeron significativamente en HPG ( $P \leq 0.01$ ), de la misma manera las diferencias en las medias de HPG fueron importantes entre ambos grupos durante todo el experimento. Las medias HPG fueron de  $4,011 \pm 361$  y de  $1,135 \pm 196$  para los corderos de lana y de pelo, respectivamente. En general, se han considerado a los ovinos de pelo como relativamente más resistentes a infestaciones por parásitos gastrointestinales.

Díaz-Rivera *et al.* (2000) infestaron corderos Florida, Pelibuey y sus respectivas cruzas con larvas de parásitos, y registraron HPG el nivel de hemoglobina (Hb) y el peso corporal (PC); se encontró que los corderos Florida tuvieron menos HPG que los Pelibuey y cruzas de Florida con Pelibuey. Las hembras generaron mayor resistencia que los machos a la infestación parasitaria, con valores de 45 y 3,631 HPG, respectivamente. El principal parásito involucrado fue *H. contortus*. También se encontraron diferencias en peso corporal entre las hembras, siendo más pesadas las cruzas Florida-Pelibuey.

Morteo-Gómez *et al.* (2004) determinaron la variación fenotípica en corderos Pelibuey infectados natural y experimentalmente por nematodos gastrointestinales, evaluaron HPG, Ht, PC, color de la mucosa ocular (CMO) y condición corporal (CC); además, identificaron los

géneros de nematodos adultos. Los resultados para la infección natural fueron de 2,415±220, 14.1±0.05, 3.54±0.03, 3.44±0.02 y 0.273±0.002 para HPG, PC, CMO, CC y Ht; y para los que recibieron la infección artificial fueron 2871±246, 16.58±0.06, 4.04±0.03, 3.76±0.02 y 0.263±0.002, respectivamente. No encontraron diferencias significativas en HPG entre las etapas natural y experimental (P>0.05), pero el PC, CMO, CC y Ht si mostraron diferencias (P<0.01). La selección de corderos resistentes y susceptibles a los parásitos gastrointestinales se efectuó tomando como criterio el promedio de HPG. Encontraron una respuesta diferente entre los corderos Pelibuey en la eliminación de huevos, detectando un grupo resistente, uno susceptible y otro intermedio. Los resistentes tuvieron mayor peso corporal final, recibieron calificaciones mayores para CMO y CC, y un mayor Ht, siendo *H. contortus* seguido de *Oesophagostomum*, *Cooperia* y *Ostertagia* los parásitos mas frecuentes.

Conclusiones similares fueron obtenidas por Gamble y Zajac (1992), quienes compararon corderos Dorset y St. Croix en dos experimentos la resistencia a infecciones experimentales por *H. contortus*, obteniendo que los St. Croix, en una primera inoculación con 2,500 larvas L<sub>3</sub>, no mostraron diferencias significativas (P>0.05), pero en una segunda inoculación previa desparasitación 42 días después de la primera infección, si se observaron diferencias significativas (P<0.05). Tres corderos de cada grupo fueron seleccionados aleatoriamente y sacrificados a las 15 semanas y otros tres a las 9 semanas después de la desparasitación, para obtener las cargas de nematodos adultos. Los St. Croix presentaron menos cantidad de huevos y menor cantidad de nematodos adultos en el abomaso que los Dorset (Cuadro 5 y Cuadro 6).

Cuadro 5. Huevos por gramo de heces en corderos Dorset y St. Croix inoculados con *H. contortus*.

Tratamientos	Dorset	St. Croix
Primera Inoculación (Exp. 1)	3,621 ± 853a	3,479 ± 627a
Segunda Inoculación (Exp. 1)	1,685 ± 391b	427 ± 103b
Primera Inoculación (Exp. 2)	4,931 ± 1,243a	732 ± 281a
Segunda Inoculación (Exp. 2)	3,192 ± 597b	37.2 ± 6.7b

Medias con diferente literal son diferentes (P<0.05). Fuente: Gamble y Zajac, 1992.

Cuadro 6. Carga de nematodos adultos en corderos Dorset y St. Croix.

	Dorset	St. Croix
A las 15 semanas (Exp. 1)	1,479±481a	7.0±2.6a
A las 9 semanas (Exp. 1)	174±19.9b	1.7±0.9b
A las 15 semanas (Exp.2)	1,927±405a	1.2±0.6a
A las 9 semanas (Exp. 2)	497±187b	0.6±0.3b

Medias con diferente literal son diferentes ( $P < 0.05$ ). Fuente: Gamble y Zajac, 1992.

Diferencias raciales en la resistencia a *H. contortus* fueron encontradas al estudiar corderas Dorper, Dorset, Katahdin y cruza Blackbelly x St. Croix, inoculadas con 10,000 larvas infectantes en 3 años (Vanimisetti *et al.*, 2004b). La resistencia fue evaluada considerando HPG, volumen del paquete celular (VPC) y peso corporal (PC). La raza influyó en todas las variables ( $P \leq 0.05$ ) excepto en PC. El año, semana y la interacción año x semana influyeron en todas las variables ( $P < 0.05$ ). También encontraron que el efecto de la interacción raza x semana para HPG fue significativo ( $P < 0.05$ ). Dorper tuvo el más alto HPG y fue el menos resistente, Dorset tuvo el más bajo VPC, mientras que Katahdin y las cruza Blackbelly x St. Croix fueron las más resistentes con bajo HPG, alto VPC y menos variación en PC que Dorper y Dorset.

Gruner *et al.* (2003) reportaron que los corderos Blackbelly son más resistentes que los ovinos del genotipo INRA 401 en Francia, luego de desafiarlos a una infección experimental con 10,000 larvas  $L_3$  de *H. contortus*, lo cual fue determinado por los bajos valores de HPG en los corderos Blackbelly.

Amarante *et al.* (2004) evaluaron la resistencia a una infección naturalmente adquirida en diferentes grupos de corderos Santa Inés, Suffolk e Ile de France. El parásito mayormente involucrado fue *H. contortus* seguido de *Trichostrongylus* spp, y en menor cantidad por *Cooperia* spp, *Oesophagostomum* spp y *Strongyloides* spp. Durante 10 meses de estudio, los corderos Ile de France y los Suffolk mantuvieron valores superiores a los de raza Santa Inés. Los corderos Santa Inés mostraron valores en el rango 225-11,475 HPG, en Suffolk el rango fue de 50-20,625 HPG y en Ile de France el rango fue de 375-39,275 HPG. Las disminuciones en los valores de

VPC y de proteína en plasma fueron asociados con un alto HPG y carga de nematodos. Los corderos Suffolk fueron relativamente menos susceptibles.

### **2.9.1. Estudios de resistencia en ovinos Criollo o nativos.**

Romano (2001), comparando ovinos Criollo con Suffolk, determinó la carga parasitaria interna y relacionó el grado de infestación de parásitos internos en ambos genotipos. La raza Suffolk presentó la mayor carga de coccidias, de nematodos y de céstodos que los Criollo en diferentes épocas del año. Las especies de coccidias encontradas en Suffolk fueron *Eimeria ahsata*, *E. ovina*, *E. faurei*, *E. parva* y *E. ovinoidales*; en Criollo fueron *Eimeria ahsata*, *E. ovina* y *E. ovinoidales*. Los géneros de nematodos presentes en Suffolk fueron *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Ostertagia* y *Nematodirus*; y en Criollo únicamente *Trichostrongylus*. Concluyó que los Criollo son infestados por una cantidad menor de parásitos que los Suffolk. En base a este estudio se sugirió que los Criollo son menos susceptibles a los parásitos internos.

En otro trabajo, Mennasé (2000) determinó los niveles de algunos metabolitos en sangre y orina, relacionándolos con las cargas parasitarias y características productivas en corderos Criollo y Suffolk. Analizó muestras de sangre, orina y heces a los 6 y 8 meses de edad. A los 6 meses de edad los Suffolk tuvieron menores cantidades de ooquistes de coccidia, con una media de 5,510 ooquistes/g de heces, una máxima de 15,950 y una mínima de 650 ooquistes/g de heces; en Criollo se observó a esta edad una mayor cantidad, la media fue 7,304 ooquistes/g de heces, con una máxima de 31,050 y una mínima de 400 ooquistes/g de heces; en esta etapa pudo observarse que las cargas parasitarias de nematodos en ambos genotipos no fueron de importancia, en comparación con las cantidades de ooquistes de coccidia encontrados ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, a los 8 meses de edad, los Suffolk tuvieron las mayores cantidades de ooquistes, con un valor medio de 3,150 ooquistes/g de heces, una máxima de 25,100 y una mínima de 0 ooquistes/g de heces; mientras que en Criollo se encontró menor cantidad, una media de 495 ooquistes/g de heces, con una máxima de 4,100 y una mínima de 0 ooquistes/g de heces. Los corderos Criollo desarrollaron rápidamente inmunidad contra la coccidia al disminuir sus cargas, a diferencia de los Suffolk, donde permanecieron elevadas.

Resultados similares a los Criollo fueron los presentados por Bahirathan *et al.* (1996), quienes determinaron la relativa susceptibilidad a la infección con *H. contortus* de corderos lactantes Gulf Coast Native (nativos) comparados con ovinos Suffolk, a las 7 y 10 semanas de edad (Cuadro 7); encontraron diferencias en el conteo de eosinófilos y niveles de inmunoglobulinas anti-*H. contortus*, como indicadores del componente inmunológico posible en el control de las infecciones. En un experimento, encontraron que a la cuarta semana HPG se incrementó de manera similar en ambos genotipos, alcanzándose en Suffolk un máximo de  $17,995 \pm 1,301$  HPG en la semana 12, y en los corderos Gulf Coast Native el pico fue  $2,136 \pm 1,239$  en la semana 8 ( $P \leq 0.05$ ). El volumen del paquete celular (VPC) siguió un comportamiento contrario descendiendo más drásticamente en la semana 7 en los Suffolk que en los nativos con valores medios de  $29.4 \pm 0.4$  y de  $33.1 \pm 0.4$ , respectivamente ( $P \leq 0.05$ ). En un segundo experimento los valores HPG en corderos Suffolk y Gulf Coast Native a las 7 y 10 semanas de edad fueron 2,175 y 8,575, y 300 y 875, respectivamente; las medias VCA fueron 33.0 y 34.5, y 22.5 y 32.0, respectivamente. Concluyeron que los corderos lactantes Gulf Coast Native tienen la habilidad para controlar la infección, siendo más resistentes a la infección por nemátodos; en cambio, los Suffolk desarrollan cierto grado de haemoncosis que incluso, provocó la muerte de algunos corderos.

Cuadro 7. Carga de nematodos gastrointestinales en corderos Gulf Coast Native y Suffolk infectados naturalmente.

Nematodo	Nativos 7 sem	Suffolk 7 sem.	Nativos 10 sem	Suffolk 10 sem
<i>Haemonchus contortus</i>	1,270	3,535	570	8,380
<i>Trichostrongylus axei</i>	0	0	0	0
<i>Trichistrongylus colubriformis</i>	75	120	1,050	810
<i>Oesophagostomum columbianum</i>	0	10	5	5
T o t a l	1,345	3,665	1,625	9,190

Fuente: Bahirathan *et al.* (1996).

Miller *et al.* (1998) coincidieron en que los ovinos Suffolk son mas susceptibles que los corderos Nativos ( $P \leq 0.05$ ), los Suffolk tuvieron valores de 5,300 HPG comparados con los Nativos, que tuvieron 430 HPG, así como cargas de nematodos de 9,105 y 500 en corderos Suffolk y Nativos, respectivamente; los corderos Suffolk requirieron mas tratamientos antihelmínticos e incluso se presentaron algunas muertes a causa de la haemoncosis.

Baker (1998) en Kenia y Etiopía estudió la variación genética entre y dentro de razas para la resistencia a los nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos, evaluó 6 genotipos ovinos diferentes producto de un cruzamiento dialélico con ovejas Dorper y Red Massai, en donde la cruce Red Massai con Dorper (RM x D) fue más resistente que el Dorper puro (DD), notándose la influencia de la Red Massai. De la misma manera, comparó el comportamiento de los caprinos de raza Galla y Small East African, esta última considerada nativa de la región, confirmando que los ovinos Red Massai y los caprinos Small East African son más resistentes a la infección por parásitos gastrointestinales que los ovinos Dorper y la cabra Galla, al presentar menor HPG y mayor VCA. Atribuye esta resistencia a que durante muchos siglos de selección natural se han fijado muchos de los genes para la resistencia en la oveja Red Massai y en la cabra Small East African.

Amarante *et al.* (1999) compararon la carga de nematodos adultos y respuestas celulares en mucosa abomasal y en sangre de corderos Florida Native, Rambouillet y cruzados (F1 y F2) inoculados con 6,000 larvas  $L_3$  de *H. contortus*. Los altos HPG ocurrieron en Rambouillet, seguidos por los F1, F2 y Florida Native, con valores respectivos de 15,680 (1,750-41,100), 6,695 (600-29,000), 1,330 (200-1,950) y 3,117 (200-9,400). Posteriormente estos corderos fueron desparasitados con los que se esperaba una disminución en HPG, un aumento en el VCA y en la concentración de proteína. Después de 50 días del tratamiento los corderos fueron nuevamente muestreados encontrando cantidades de 1,960 (1,100-3,950), 3,700 (1,000-6,250), 3,484 (650-8,100) y 2,750 (450-9,600) para los Florida Native, Rambouillet, F1 y F2, respectivamente, aunque estos valores medios no resultaron significativos ( $P > 0.05$ ). El valor más alto de VPC se presentó en los F2. La alta cantidad de eosinófilos en sangre ocurrió a los 21 días después de la inoculación artificial con valores de  $133.3 \pm 92.6$ ,  $383.3 \pm 355.7$ ,  $226.1 \pm 152.5$  y

558.3±358.6 en los corderos Florida Native, Rambouillet, F1 y F2, respectivamente. Las mayores cargas de nematodos adultos ocurrieron en Rambouillet y F1, que en Florida Native y F2 ( $P\leq 0.05$ ); en el Cuadro 8 se presentan los resultados de las variables evaluadas al momento del sacrificio de los corderos que evidencian que efectivamente los corderos F2 mostraron una mejor resistencia.

Cuadro 8. Determinaciones al sacrificio de corderos Florida Native, Rambouillet, y sus cruzas F1 y F2 inoculados con *H. contortus*.

Determinación	Florida Native	Rambouillet	F1	F2
Carga de nematodos	319 (0-800) a	1,755 (825-3,075) b	1,788 (350-3,650)b	463 (0-2,950) a
Eosinófilos/mm <sup>2</sup>	53 (13-153) a	51 (10-77) a	47 (13-127) a	66 (0-187) a
Mastocitos/mm <sup>2</sup>	78 (43-137) a	82 (33-173) a	91 (23-127) a	115 (53-210) a
Leucocitos/mm <sup>2</sup>	16 (7-33) a	33 (3-123) a	10 (0-40) a	36 (0-140) a

Medias con diferente literal son diferentes ( $P\leq 0.05$ ). Fuente: Amarante *et al.* (1999).

En Brasil, Bricarello *et al.* (2004) en corderos Corriedale y Criollo Lanada evaluaron los efectos de una infección natural con *H. contortus* en condiciones de pastoreo. Encontraron que a las 10 semanas, HPG y carga de nematodos adultos fueron menores en los Criollo ( $P\leq 0.01$ ). Los valores de HPG se encontraron en los rangos de 20 a 9,375 en corderos Corriedale y de 17 a 2,044 en Criollo. También los corderos Criollo presentaron altos valores de VPC, proteínas séricas totales y concentración de albúmina ( $P<0.01$ ). Además de las evaluaciones fecales y sanguíneas, realizaron estudios histológicos a partir de tejidos del abomaso, con el fin de encontrar diferencias en el conteo de eosinófilos, mastocitos y leucocitos (Cuadro 9). Bajo condiciones de pastoreo los corderos Criollo Lanada presentan una mejor respuesta a la infección natural con *H. contortus*, sugiriendo una mayor resistencia al parasitismo.

Cuadro 9. Evaluaciones fecales y sanguíneas en ovinos Corriedale y Criollo lanada infectados con *H. contortus*.

	Corriedale	Criollo Lanada
Carga parasitaria <i>H. contortus</i>	2,391 (370 – 6.330)a	376 (70 – 630)b
Eosinófilos	1 (0 – 2)a	4 (0 – 10)b
Mastocitos	14 (3 – 33)a	27 (8 – 55)a
Leucocitos	37 (6 – 76)a	153 (59 – 323)b

Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.01$ ). Fuente: Bricarello *et al.* (2004).

Torres-Acosta (2004) evaluaron el efecto de la suplementación alimenticia en la resiliencia y resistencia de cabritos Criollo sometidos a infecciones naturales con nematodos gastrointestinales durante 22 semanas. Midieron ganancia de peso acumulativo, volumen del paquete celular, hemoglobina, concentración de proteína plasmática total y albúmina plasmática como medidas de resiliencia. HPG y conteo de eosinófilos fueron evaluados y considerados como parámetros de resistencia. Los grupos fueron testigo suplementados (T-S), infectados suplementados (I-S), testigo no suplementados (T-NS) e infectados no suplementados (I-NS). Los T-S tuvieron altas ganancias de peso, VPC y Hb comparados con los otros tres grupos ( $P \leq 0.01$ ). Los I-NS tuvieron bajas ganancias de peso, VPC y HB. Los I-S y T-S tuvieron mayor conteo de eosinófilos. Los animales infectados tuvieron mayor HPG, comprometieron más su comportamiento productivo y alteraron sus características sanguíneas. La suplementación alimenticia mejora la resiliencia de cabritos Criollo contra infecciones por nemátodos gastrointestinales.

## 2.10. Correlaciones entre las características de la resistencia

Las correlaciones se definen como la relación o grado de asociación entre dos variables normalmente distribuidas, y que en la genética animal el conocimiento de la asociación entre dos características medidas en un mismo animal, permite que la selección de alguna de ellas, se traduzca automáticamente en la selección de la otra (Herrera y Barreras, 2005). El volumen del paquete celular (VPC) se ha relacionado mucho con otras características sanguíneas como el hematocrito (Ht) y el nivel de hemoglobina (Hb). Estas correlaciones se mantienen altas, sobre todo en infecciones por parásitos hematófagos como *H. contortus*. Amarante *et al.* (1999) en corderos Florida Native, Rambouillet y sus respectivas cruzas F1 y F2, determinaron correlaciones fenotípicas entre diferentes características determinantes de la resistencia a la infección con *H. contortus*. Se encontró una correlación positiva alta entre HPG y la carga de nematodos adultos, así como entre la concentración de proteína plasmática total y VPC. Correlaciones negativas moderadas entre eosinófilos en sangre y en abomaso con la carga de nematodos adultos y HPG. También se evidenció que conforme se incrementa HPG, disminuye VPC, el contenido de proteína en sangre, esto fue determinado con las respectivas correlaciones de -0.45 y -0.67 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Coeficientes de correlación entre características parasitológicas y sanguíneas en corderos Florida Native, Rambouillet y sus cruzas F1 y F2.

	Carga de nematodos	HPG	Eosinófilos*	VPC	Proteína total
HPG	0.70				
Eosinófilos*	-0.13	-0.21			
VPC	-0.53	-0.45	0.18		
Proteína total	-0.78	-0.67	0.18	0.45	
Eosinofilos**	-0.02	-0.14	0.11	0.09	0.0

\*Eosinófilos en sangre. / \*\* Eosinófilos en mucosa abomasal. Fuente: Amarante *et al.* (1999).

Gauly y Erhardt (2001) en ovinos Rhön inoculados artificialmente con larvas de *H. contortus* reportaron correlaciones negativas ( $r=-0.57$ ) entre HPG y GDP, así como entre HPG y Ht ( $r=0.30$ ), y GDP se correlacionó positivamente ( $r=0.33$ ) con Ht.

En un estudio similar, Gauly *et al.*, (2002) en corderos Rhön y Merinoland determinaron las correlaciones fenotípicas entre las variables a las 16 semanas y 20 semanas después de la inoculación. En los Cuadros 11 y 12 se presentan las correlaciones obtenidas para cada genotipo. Ht se relacionó negativamente con HPG en ambos genotipos ( $P\leq 0.01$ ). La correlación del número de nematodos machos con el número de nematodos hembras fue entre 0.95 y 0.97 ( $P<0.01$ ). Además, encontraron correlaciones positivas significativas entre el número de nematodos adultos y HPG dentro de cada genotipo, mientras que los valores de Ht fueron negativamente correlacionados con la carga de nematodos adultos. Por su parte, Amarante *et al.*, (1999) evaluando genotipos generados entre Florida Native y Rambouillet, obtuvieron correlaciones de 0.7 entre las características HPG y carga de nematodos adultos, estas dos características mantuvieron correlaciones negativas moderadas con el VPC.

Cuadro 11. Correlaciones fenotípicas de diferentes parámetros a las 16 (a) y 20 (b) semanas de edad en corderos Merinoland.

Parámetro	HPG	Hematocrito (Ht)	Número de nematodos machos	Número de nematodos hembras
Peso corporal (a)	-0.125	0.234*	0.301*	0.299**
HPG (a)		-0.412***	0.476***	0.440***
Hematocrito (a)			-0.204	-0.188
Número de nematodos machos (a)				0.962***
Peso corporal (b)	0.009	0.149*	0.277**	0.286**
HPG (b)		-0.332***	0.622***	0.653***
Hematocrito (b)			-0.357***	-0.368***
Número de nematodos machos (b)				0.963***

\*\*\*  $P<0.0001$  / \*\*  $P<0.01$  / \*  $P<0.05$ . Fuente: Gauly *et al.* (2002).

Cuadro 12. Correlaciones fenotípicas de diferentes parámetros a las 16 (a) y 20 (b) semanas de edad en corderos Rhön.

Parámetro	HPG	Hematocrito (Ht)	Número de nematodos machos	Número de nematodos hembras
Peso corporal (a)	-0.106	0.277*	-0.043	-0.069
HPG (a)		-0.214*	0.657***	0.642***
Hematocrito (a)			-0.328*	-0.438**
Número de nematodos machos (a)				0.970***
Peso corporal (b)	0.211*	0.138	0.033	0.021
HPG (b)		-0.340***	0.745***	0.730***
Hematocrito (b)			-0.203	-0.196
Número de nematodos machos (b)				0.970***

\*\*\* P<0.0001 / \*\* P<0.01 / \* P<0.05. Fuente: Gauly *et al.* (2002).

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

La fase de campo se realizó en el módulo de ovinos de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, ubicado entre las coordenadas 19° 29'N y 98° 53'O, a una altitud de 2,250 msnm. El clima de la región es C(W<sub>0</sub>)(W)b(i')g, según el sistema de clasificación de Köppen, templado subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, una oscilación térmica entre 5 y 7° C y una temperatura media anual entre 12 y 18° C y con una precipitación media anual de 644.8 mm (García, 1988).

El análisis de muestras sanguíneas se efectuó en el Laboratorio de Análisis Clínicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y el de muestras fecales en el Laboratorio de Parasitología Veterinaria de la misma institución.

#### **3.2. Tamaño de muestra y distribución de tratamientos**

Se utilizaron 20 corderos machos Criollo y 15 corderos machos Suffolk, con una edad media entre 100 y 120 días, a los que se les distribuyeron al azar inóculos de larvas de la siguiente manera:

Grupo 1: 15 corderos Criollo inoculados con 6,000 larvas L<sub>3</sub> de *H. contortus* (CI).

Grupo 2: 10 corderos Suffolk inoculados con 6,000 larvas L<sub>3</sub> de *H. contortus* (SI).

Grupo 3: 5 corderos Criollo no inoculados (CN).

Grupo 4: 5 corderos Suffolk no inoculados (SN).

#### **3.3. Metodología y procedimientos**

##### **3.3.1. Manejo de los animales**

Los corderos se destetaron a 75 días de edad y se mantuvieron en confinamiento total, sometidos a una prueba de comportamiento, y a los 140 días en promedio se seleccionaron para iniciar el experimento. Se alimentaron con una dieta integral uniforme con 14% de proteína cruda

y 2.73 Mcal de energía metabólica (N.R.C., 1988), elaborada con ingredientes convencionales (Cuadro 13), y consumieron agua a libre acceso. Previo a la primera inoculación se desparasitaron con una dosis única subcutánea de Ivermectina (Virbamec L. A., VIRBAC).

Cuadro 13. Composición de la dieta integral utilizada durante el experimento.

Ingrediente	Proporción (%)
Sorgo molido	55.0
Pasta de soya	9.2
Harina de pescado	3.0
Mezcla mineral	1.5
Avena henificada	30.3
Carbonato de calcio	1.0
T O T A L	100.0

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente, así como también el acomodo de los mismos en los corrales, para que los animales fueran considerados unidades experimentales independientes.

### 3.3.2. Inoculación experimental

Los animales de los grupos 1 y 2 se infectaron con 6,000 larvas (L<sub>3</sub>) de *H. contortus* vía oral, en 6 dosis diferidas de 1,000 larvas infectantes cada una; la inoculación se realizó durante las primeras seis semanas del experimento. Los animales de los grupos 3 y 4 no se inocularon. Las larvas infectantes provienen de cepas aisladas de la UNAM.

### 3.3.3. Recolección y análisis de las muestras de heces

Se realizaron colectas semanales de heces obtenidas en la mañana directamente del recto de cada cordero y depositadas en bolsas de plástico (5 g/cordero) para determinar el número de huevos por gramo de heces (hpg) mediante la técnica de McMaster, utilizando cloruro de sodio saturado como solución para la flotación (Thienpont *et al.*, 1986).

### **3.3.4. Recolección y análisis de las muestras sanguíneas**

Para determinar el hematocrito y otras características sanguíneas, se tomaron muestras de sangre mediante punción de la vena yugular, usando tubos vacutainer con EDTA como anticoagulante; las muestras se procesaron por medio de un analizador hematológico ABACUS.

### **3.3.5. Inspección de la mucosa ocular**

Se observó la coloración de la mucosa ocular en cada cordero mediante el sistema FAMACHA (Van Wyk *et al.*, 2002b), con el propósito de analizar e identificar cambios en el color de la conjuntiva, como indicadores del grado de anemia.

### **3.3.6. Peso y condición corporal**

En cada colecta de muestras fecales y sanguíneas, todos los corderos se pesaron para determinar peso corporal y ganancia diaria de peso. Al mismo tiempo, por apreciación visual y palpación se determinó la condición corporal en los corderos, en una escala de 1 a 5 (Pollot y Kilkenny, 1976). El valor 1 se refiere a animales flacos, donde la espina dorsal es afilada y prominente; 2 se refiere a animales delgados, donde el proceso transversal es suave y ligeramente redondeado; en 3 se puede sentir el proceso transversal con un poco de presión; 4 califica animales gordos donde el proceso espinoso se puede detectar solamente con la presión y el proceso transversal no puede sentirse y 5 se refiere a animales gordos (Thompson y Meyer, 1994)

### **3.3.7. Carga de nematodos adultos**

A las 20 semanas del periodo experimental se tomaron de manera aleatoria 4 corderos de cada grupo infectado para ser sacrificados, y a través de la necropsia y por aislamiento del abomaso, se cuantificaron los nematodos adultos. Los parásitos adultos se colectaron directamente del abomaso. El abomaso se disectó y con delicadeza se lavó, evitando la pérdida de los nematodos (Aguilar y Torres, 2002).

### 3.4. Características estudiadas

Indicadores de la carga parasitaria:

Número de huevos por gramo de heces (HPG).

Carga de nematodos adultos (CNA).

Indicadores del grado de anemia:

Hematocrito (Ht)

Nivel de hemoglobina (Hb).

Color de la mucosa ocular (CMO).

Indicadores del grado de infección:

Cantidad de eosinófilos sanguíneos (EOS).

Indicadores productivos:

Peso Corporal (PC).

Ganancia diaria de peso (GDP).

Condición Corporal (CC).

Para el estudio y análisis de estas características se consideraron los siguientes factores de estudio con sus respectivos niveles:

Genotipo: Criollo y Suffolk.

Inoculación: con y sin inóculo.

Periodo: 20 semanas de estudio.

### 3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con un arreglo factorial 2x2 con mediciones repetidas (Steel y Torrie, 1988). Para el análisis estadístico se estableció el siguiente modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + G_i + I_j + (GI)_{ij} + A_{k(ij)} + S_l + (GS)_{il} + (IS)_{ij} + (GIS)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$y_{ijkl}$  = Valor de la variable respuesta correspondiente al  $i$ -ésimo genotipo,  $j$ -ésima inoculación,  $k$ -ésimo animal en la  $l$ -ésima semana.

$\mu$  = media general

$G_i$  = Efecto fijo del  $i$ -ésimo genotipo,  $i = 1, 2$ ,

$I_j$  = Efecto fijo de la  $j$ -ésima inoculación,  $j = 1, 2$ .

$(GI)_{ij}$  = Efecto fijo de la interacción entre el  $i$ -ésimo genotipo con la  $j$ -ésima inoculación.

$A_{k(ij)}$  = Efecto aleatorio del  $k$ -ésimo animal del  $i$ -ésimo genotipo y  $j$ -ésima inoculación.

$$A_{k(ij)} \sim N(0, \sigma^2)$$

$S_l$  = Efecto fijo de la  $l$ -ésima semana,  $l = 1, 2, 3, \dots, 20$ .

$(GS)_{il}$  = Efecto fijo de la interacción entre el  $i$ -ésimo genotipo con la  $l$ -ésima semana.

$(IS)_{jl}$  = Efecto fijo de la interacción entre la  $j$ -ésima inoculación con la  $l$ -ésima semana.

$(GTS)_{ijl}$  = Efecto fijo de la interacción entre el  $i$ -ésimo genotipo con la  $j$ -ésima inoculación y la  $l$ -ésima semana.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Efecto aleatorio de las características no comunes de las observaciones.

Se asume que el error experimental  $\varepsilon_{ijkl}$  tiene una distribución normal con media cero y varianza  $\sigma^2$  [ $\varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$ ].

Los datos del número de huevos por gramo de heces (HPG) se transformaron logarítmicamente [ $\ln(\text{HPG}+25)$ ] para homogeneizar la varianza y obtener una aproximación a la distribución normal; este procedimiento ha resultado satisfactorio en estudios similares (Baker, 1998; Gauly y Erhardt, 2001; Gauly *et al.*, 2002; Notter *et al.*, 2003; Vanimisetti *et al.*, 2004a).

Antes de efectuar el análisis estadístico se realizaron las pruebas de Normalidad, siguiendo el criterio de Shapiro-Wilk y a través del PROC UNIVARIATE del paquete estadístico SAS (SAS V8, 2000). Posteriormente se analizaron los datos considerando el modelo estadístico indicado mediante el PROC MIXED y utilizando la instrucción REPEATED, considerando el análisis de medidas repetidas. Las correlaciones se determinaron siguiendo el procedimiento PROC CORR (SAS V8, 2000).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Numero de huevos por gramo de heces (HPG)

En el Cuadro 14 se presenta el análisis de varianza para HPG, en el que se observa que el genotipo tuvo un efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ), así como la inoculación ( $P \leq 0.01$ ).

Cuadro 14. Análisis de varianza para la característica huevos por gramo de heces (HPG)

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	79.5	4.45	0.0381
Inoculación (I)	1	79.5	1406.43	<0.0001
G x I	1	79.5	2.00	0.1611
Semana (S)	20	342	39.18	<0.0001
G x S	20	342	1.08	0.3724
I x S	20	342	22.91	<0.0001
G x I x S	20	342	1.11	0.3316

La diferencia en los valores medios HPG entre Criollo y Suffolk fue significativa. Los Criollo tuvieron  $4,480 \pm 560$  HPG vs  $6,248 \pm 845$  de los Suffolk ( $P \leq 0.05$ ).

La semana así como la interacción IxS resultaron significativas ( $P \leq 0.0001$ ). Se encontraron valores nulos de HPG en las primeras 2 semanas, y a partir de la semana 3 los inoculados empezaron a incrementar gradualmente la carga de huevos. En la semana 11 los inoculados alcanzaron un valor medio de  $9,330 \pm 456$  hasta alcanzar un máximo de  $9,896 \pm 446$  en la semana 15 (Figura 6), posteriormente la infestación se mantuvo con poca variación.

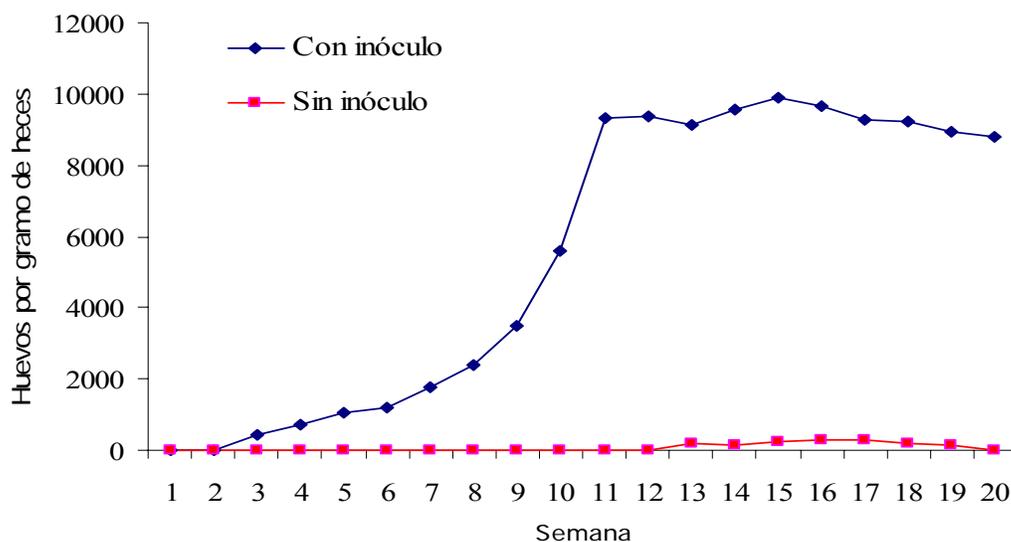


Figura 6. Interacción Inoculación x Semana en el número de huevos por gramo de heces.

A pesar del estricto cuidado del manejo de las heces y animales, los corderos sin inóculo mostraron cierta infección, aunque sus niveles HPG fueron bajos. La Figura 7 muestra la variación de HPG, los CI alcanzaron un máximo de  $8,073 \pm 672$  en la semana 16, y en SI el máximo fue  $12,160 \pm 1,711$  en la semana 15. No obstante, la triple interacción no fue significativa ( $P > 0.05$ ).

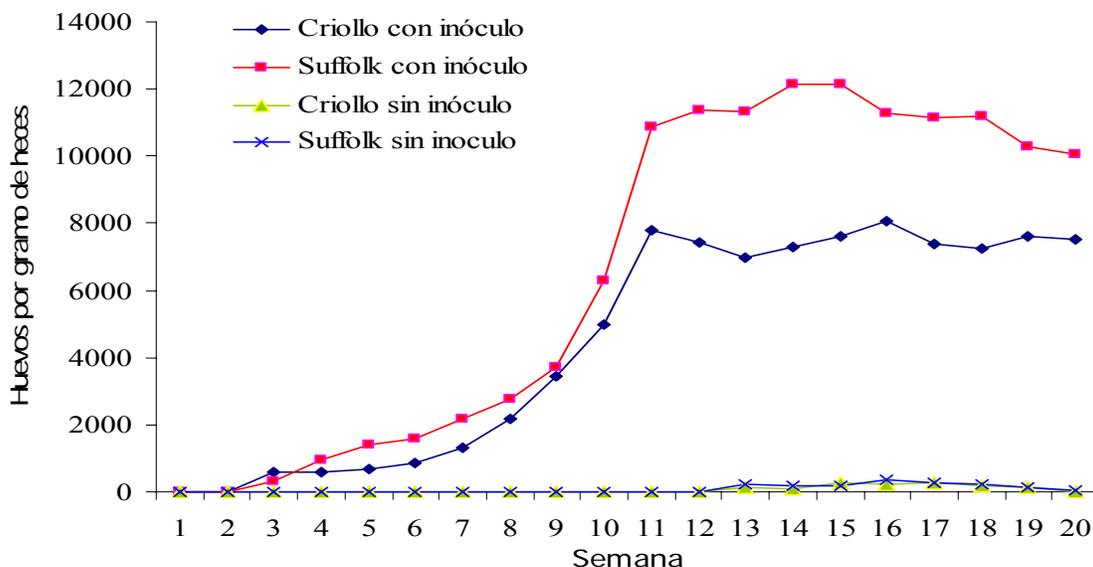


Figura 7. Número de huevos por gramo de heces en 20 semanas.

## 4.2. Hematocrito (Ht)

Para Ht no se encontraron diferencias entre genotipos ( $P>0.05$ ), pero si entre inoculados y no inoculados ( $P\leq 0.01$ ), así como el efecto de la semana y la interacción IxS fueron significativas ( $P\leq 0.0001$ ). El efecto hematófago de *H. contortus* afectó los niveles de Ht en sangre. En el Cuadro 15 se presenta el análisis de varianza para esta característica.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la característica Hematocrito (Ht).

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	79.7	0.22	0.6384
Inoculación (I)	1	79.7	192.40	<0.0001
G x I	1	79.7	2.31	0.1322
Semana (S)	20	325	19.89	<0.0001
G x S	20	325	1.20	0.2479
I x S	20	325	7.09	<0.0001
G x I x S	20	325	1.20	0.2549

Las medias en Criollo fueron de  $36.7\pm 0.9$  y  $37.1\pm 1.1$  en Suffolk, no existiendo diferencias importantes ( $P>0.05$ ). No obstante las medias de mínimos cuadrados para inoculados y no inoculados fueron  $35.5\pm 0.3$  y  $40.2\pm 0.5$ , diferentes significativamente ( $P\leq 0.01$ ).

Los valores Ht siguieron un comportamiento inverso a HPG, conforme aumentaba HPG, Ht disminuía. En la semana 1, los corderos inoculados mostraron niveles Ht de  $41.9\pm 0.7$ , similar a los que no recibieron el inoculo. Inmediatamente se notó un descenso gradual cuya recuperación fue inmediata en la semana 6, a partir de la cual los inoculados comenzaron a descender sus valores Ht gradualmente hasta alcanzar en la semana 20 un valor medio de  $30.2\pm 0.7$ . Estos indicadores del grado de pérdida sanguínea, se relacionaron con CMO. La Figura 8 muestra el comportamiento de Ht entre inoculados y no inoculados durante las 20 semanas.

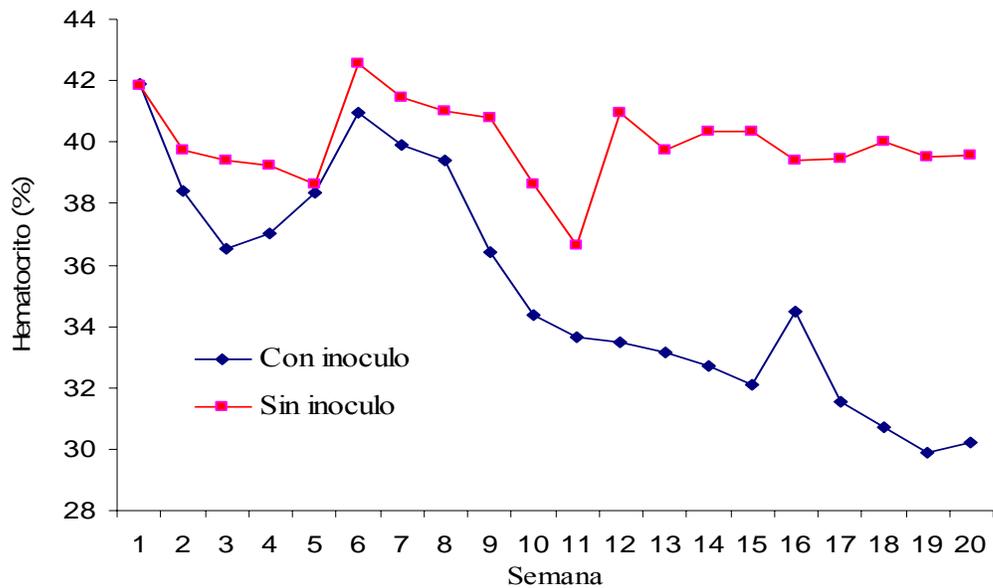


Figura 8. Efecto de la interacción Inoculación x Semana en el hematocrito.

### 4.3. Hemoglobina (Hb)

En el Cuadro 16 se presenta el análisis de varianza para Hb, en el se observa que el genotipo no influyó en la variación de Hb ( $P > 0.05$ ), no obstante el efecto de la inoculación resultó significativa ( $P \leq 0.01$ ). El efecto de la semana y su interacción con la inoculación resultaron también significativos ( $P \leq 0.01$ ).

Cuadro 16. Análisis de varianza de la característica Hemoglobina (Hb).

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	59.5	0.36	0.5534
Inoculación (I)	1	59.5	147.49	<0.0001
G x I	1	59.5	0.80	0.3746
Semana (S)	20	330	15.93	<0.0001
G x S	20	330	1.43	0.1043
I x S	20	330	7.35	<0.0001
G x I x S	20	330	1.39	0.1244

Los valores medios en Criollo fueron  $10.7 \pm 0.3$  y en Suffolk  $10.7 \pm 0.3$  ( $P > 0.05$ ). En tanto que para inoculados y no inoculados, las medias fueron  $9.9 \pm 0.2$  y  $11.3 \pm 0.1$ , respectivamente ( $P \leq 0.01$ ).

Similarmente al comportamiento de Ht, los niveles de Hb mantuvieron una relación inversa a HPG, conforme aumentaba la cantidad de huevos en heces, Hb disminuía. En los corderos con inóculo, al principio del experimento (Semana 1) los niveles Hb fueron  $11.7 \pm 0.2$  y para la semana 20 los niveles descendieron a  $8.7 \pm 0.2$ . Estas alteraciones no fueron observadas en los no inoculados, quienes mantuvieron sus niveles más altos a través del experimento, en la semana 1 la media fue  $11.3 \pm 0.3$ , con un ligero descenso en la semana 11 alcanzando pronto sus niveles normales y un valor final en la semana 20 de  $10.7 \pm 0.3$  (Figura 9).

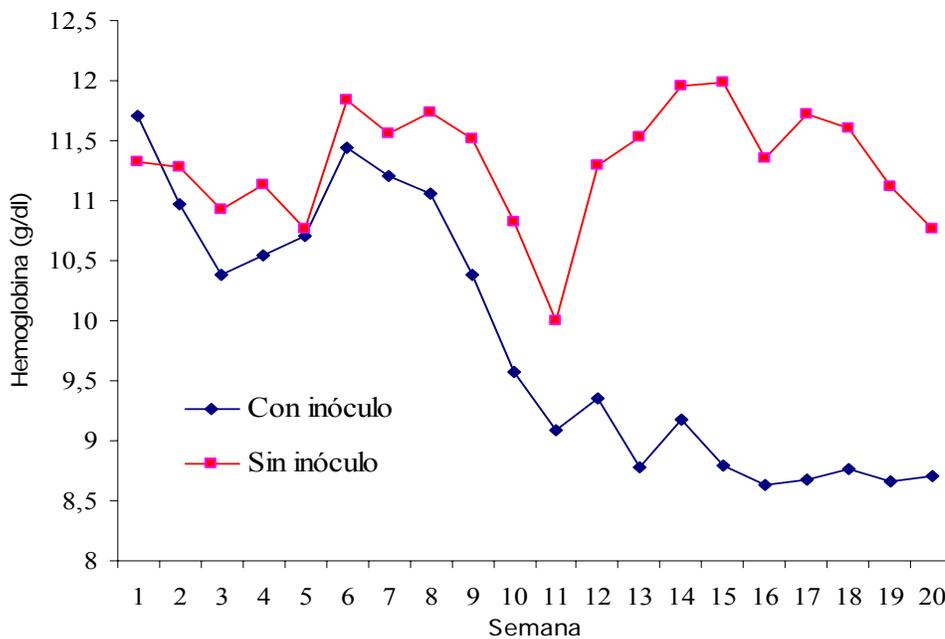


Figura 9. Efecto de la interacción Inoculación x Semana en la hemoglobina.

#### 4.4. Color de la mucosa ocular (CMO)

El análisis de varianza de CMO se presenta en el Cuadro 17, se observa que los efectos de Genotipo e Inoculación fueron significativos, así como su interacción ( $P \leq 0.01$ ). De la misma manera los efectos de la Semana y la interacción I x S resultaron significativas ( $P \leq 0.0001$ ).

Cuadro 17. Análisis de varianza de la característica color de la mucosa ocular (CMO).

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	127	6.83	0.0100
Inoculación (I)	1	127	551.17	<0.0001
G x I	1	127	4.86	0.0294
Semana (S)	20	325	15.92	<0.0001
G x S	20	325	1.04	0.4167
I x S	20	325	13.86	<0.0001
G x I x S	20	325	1.40	0.1205

Al principio del experimento los corderos Criollo y Suffolk, e inoculados y no inoculados tuvieron valores similares de CMO. Se encontró al final que el inóculo provocó que CMO se alterara en los inoculados, indicando un ligero grado de anemia relativamente mayor en los corderos Suffolk que en los Criollo (Cuadro 18).

Cuadro 18. Valores medios de color de mucosa ocular por efecto de genotipo e inoculación.

Genotipo	Inóculo		Media
	Con	Sin	
Criollo	2.1±0.1a	1.3±0.1c	1.7±0.1 B
Suffolk	2.3±0.1b	1.3±0.1d	1.8±0.1 A
Media	2.2±0.1 D	1.3±0.1 C	

A, B: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

C, D: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

a, b: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

c, d: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Se observó variación en las medias de CMO a través de las semanas. Los valores medios en los corderos inoculados fueron  $1.2 \pm 0.1$  en la semana 1 y  $2.9 \pm 0.1$  en la semana 20; en tanto que los no inoculados mantuvieron estables sus niveles,  $1.1 \pm 0.1$  y  $1.3 \pm 0.1$ , en las semanas 1 y 20, respectivamente (Figura 10).

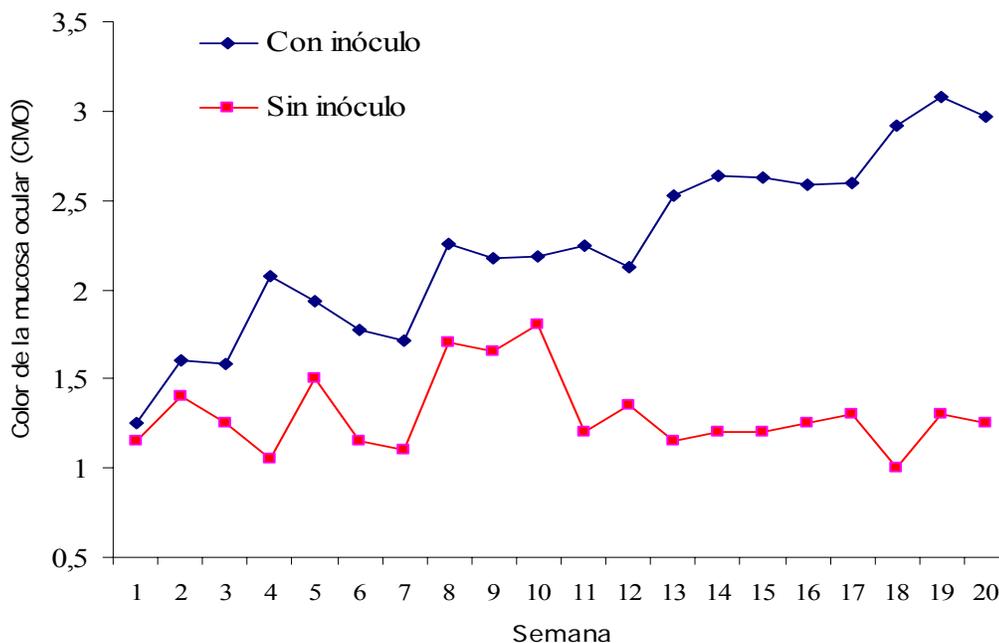


Figura 10. Interacción Inoculación x Semana en el color de la mucosa ocular.

#### 4.5. Cantidad de eosinófilos sanguíneos (EOS)

En el Cuadro 19 se presenta el análisis de varianza para EOS. Los efectos del genotipo y la inoculación, así como su interacción fueron significativos ( $P \leq 0.05$ ). La semana no tuvo efecto significativo ( $P > 0.05$ ), pero la interacción  $I \times S$  resultó altamente significativa ( $P \leq 0.0001$ ).

Cuadro 19. Análisis de varianza de la característica conteo de eosinófilos (EOS).

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	124	25.69	<0.0001
Inoculación (I)	1	124	162.84	<0.0001
G x I	1	124	4.92	0.0284
Semana (S)	20	319	1.91	0.1116
G x S	20	319	0.48	0.9730
I x S	20	319	4.36	<0.0001
G x I x S	20	319	0.66	0.8685

Ambos genotipos mostraron diferentes valores por efecto de la inoculación. En el Cuadro 20 se observa que los Criollo aún sin el efecto del inóculo producen mayor cantidad de eosinofilos que los Suffolk. Los Criollo tienen mejor respuesta eosinofílica.

Cuadro 20. Valores medios de cantidad de eosinófilos por efecto de genotipo e inoculación.

Genotipo	Inóculo		Media
	Con	Sin	
Criollo	494.1±13.8 a	127.1±23.9 c	310.6±13.8 A
Suffolk	293.8±16.9 b	107.1±23.9 d	200.5±14.7 B
Media	394.0±10.9 C	117.1±16.9 D	

A, B: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

C, D: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

a, b: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

c, d: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

Conforme transcurrieron las semanas, los efectos del inóculo fueron evidentes para el conteo de eosinófilos siendo a partir de la semana 3 cuando EOS comenzó a incrementar gradualmente hasta alcanzar un máximo de  $718.6 \pm 39.4$  en la semana 17 (Figura 11). Los valores medios en corderos sin inóculo se mantuvieron constantes.

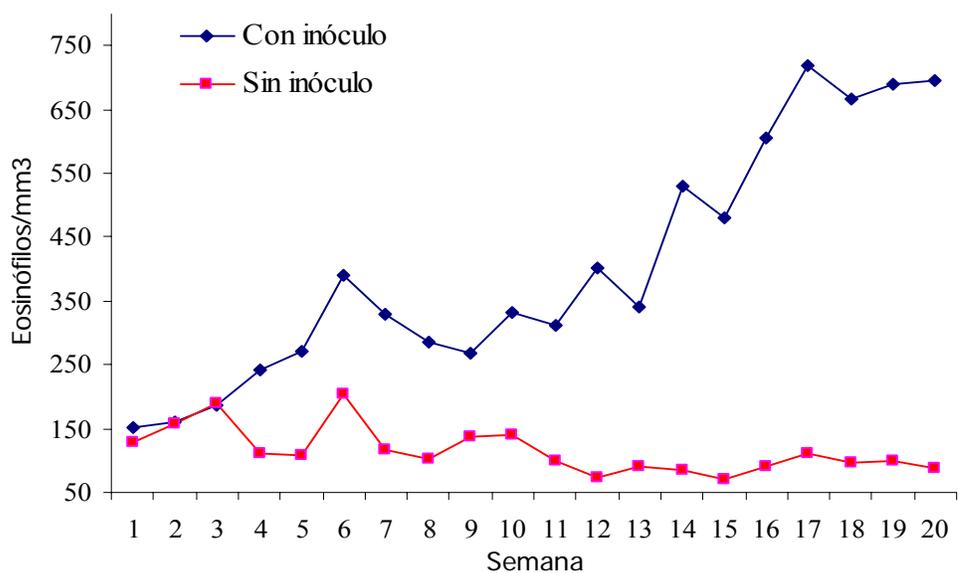


Figura 11. Efecto de la interacción Inoculación x Semana en el conteo de eosinofilos.

#### 4.6. Peso corporal (PC)

El Cuadro 21 muestra diferencias significativas entre genotipos ( $P \leq 0.0001$ ), y entre inoculados y no inoculados ( $P \leq 0.05$ ). La semana y la interacción IxS tuvieron efectos altamente significativos ( $P \leq 0.0001$ ), así como la triple interacción GxIxS ( $P \leq 0.01$ ).

Cuadro 21. Análisis de varianza de la característica peso corporal (PC).

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	3.44	354.09	<0.0001
Inoculación (I)	1	3.44	23.73	0.0119
G x I	1	3.44	2.79	0.1818
Semana (S)	20	331	52.08	<0.0001
G x S	20	331	0.75	0.7686
I x S	20	331	8.36	<0.0001
G x I x S	20	331	2.26	0.0017

Los valores medios para los Criollo fueron  $36.0 \pm 0.9$  y para los Suffolk  $55.9 \pm 0.9$ . En inoculados fue  $43.5 \pm 0.7$  y en no inoculados  $48.53 \pm 1.1$ .

El efecto significativo de la interacción IxS se manifestó a lo largo de las 20 semanas. Todos los corderos ganaron peso, aunque el comportamiento resultó diferente entre inoculados y no inoculados, los que no recibieron inóculo no perdieron peso. En la semana 3 coincidieron las medias,  $40.0 \pm 0.7$  en inoculados y  $39.9 \pm 0.7$  en no inoculados, a partir de esta semana los corderos con inóculo presentaron pesos corporales ligeramente bajos comparados con los no inoculados. Para la semana 8 los valores fueron  $44.4 \pm 0.7$  y  $46.1 \pm 0.7$  y a partir de ésta los corderos inoculados descendieron sus pesos, mostrando aumentos de peso deficientes hasta lograr un peso final de  $49.9 \pm 0.7$  en la semana 20; en tanto que los corderos sin inóculo durante todo el experimento mantuvieron pesos ascendentes hasta alcanzar un peso final de  $62.8 \pm 1.1$  (Figura 12). La diferencia de peso en la semana 20 fue de 12.9 kg entre los corderos con y sin inóculo.

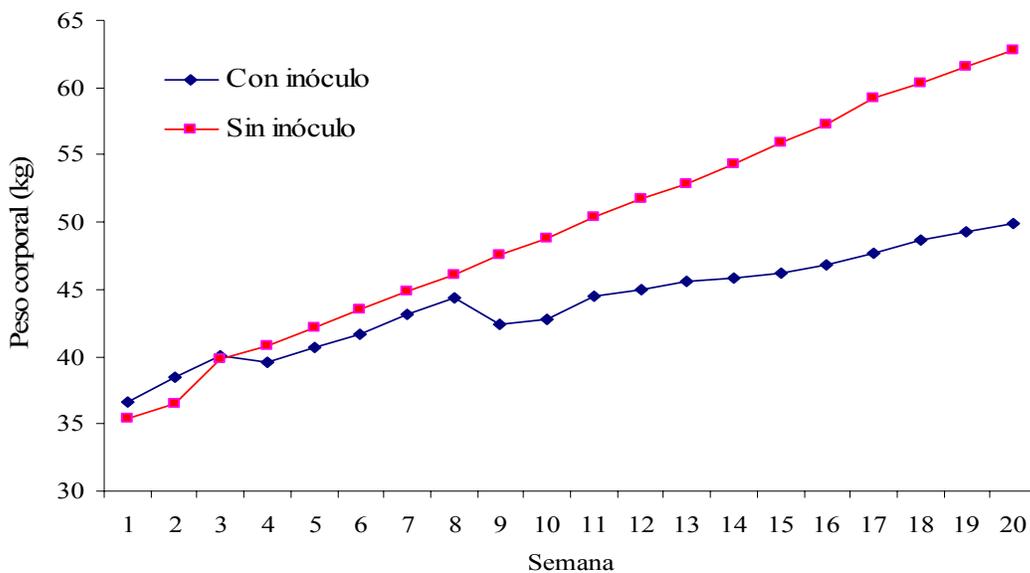


Figura 12. Interacción Inoculación x Semana en el peso corporal.

Al inicio del experimento se presentaron pesos corporales diferentes, a pesar de la selección aleatoria de las unidades experimentales de cada genotipo y grupo tratado, los pesos iniciales

fueron  $24.8\pm 1.0$ ,  $48.3\pm 1.3$ ,  $27.4\pm 1.8$  y  $43.5\pm 1.8$  para Criollo con inóculo (CI), Suffolk con inóculo (SI), Criollo sin inóculo (CN) y Suffolk sin inóculo (SN), respectivamente; los pesos se vieron modificados por efecto del inóculo durante las 20 semanas con diferentes tendencias.

Los SI descendieron ligeramente sus pesos en la semana 4, aunque el descenso mayor ocurrió en la semana 9 al cambiar de  $56.6\pm 1.3$  a  $53.6\pm 1.3$ , a partir del cual presentaron bajos pesos hasta alcanzar en la semana 20 un valor medio de  $58.9\pm 1.3$ . Este comportamiento fue diferente en los SN, quienes presentaron pesos ascendentes hasta lograr un peso final de  $72.5\pm 1.3$  en la semana 20, diferencia de casi 14 kg. Los pesos del genotipo Criollo fueron bajos en comparación con Suffolk; los CI tuvieron bajos PC comparados con los CN, estas diferencias se vieron mas marcadas de la semana 3 a la 8, y de la 8 hasta la 20, logrando un PC final de  $40.1\pm 1.0$  y  $51.4\pm 1.8$  para CI y CN, diferencia de 11 kg (Figura 13).

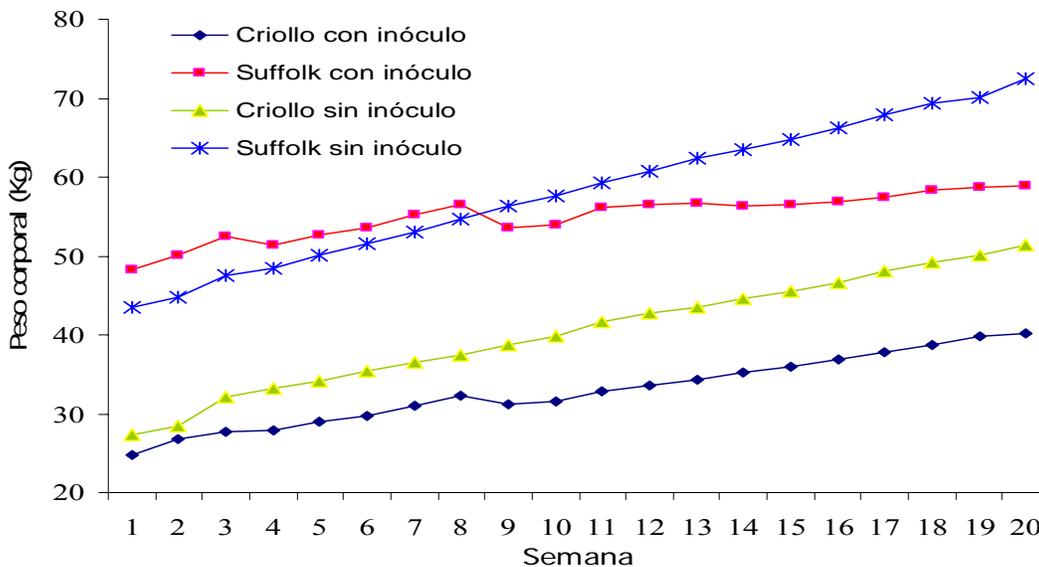


Figura 13. Efecto de la triple interacción GxIxS en el peso corporal.

#### 4.7. Ganancia diaria de peso (GDP)

No se encontraron diferencias significativas entre genotipos ( $P>0.05$ ), pero si el efecto de inoculación y la interacción GxI ( $P\leq 0.01$ ). La semana y la interacción IxS influyeron significativamente ( $P\leq 0.0001$ ), así como la triple interacción GxIxS ( $P\leq 0.05$ ) (Cuadro 22).

Cuadro 22. Análisis de varianza de la característica ganancia diaria de peso (GDP)

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	223	0.01	0.6408
Inoculación (I)	1	223	82.21	<0.0001
G x I	1	223	13.99	0.0002
Semana (S)	20	310	7.84	<0.0001
G x S	20	310	0.93	0.5521
I x S	20	310	4.64	<0.0001
G x I x S	20	310	1.70	0.0349

Los valores medio entre genotipos fueron  $167 \pm 8$  en Criollo y  $171 \pm 9$  en Suffolk; en tanto que para los que recibieron el inóculo fue  $113 \pm 7$  y lo que no se inocularon fue  $225 \pm 10$ .

Los efectos del genotipo y la inoculación ocurren de manera conjunta. Así, entre inoculados los Criollo tuvieron mejor GDP que los Suffolk; contrariamente entre no inoculados, los Criollo tuvieron baja GDP que los Suffolk. En el Cuadro 23 se presentan los valores medios y error estándar del producto de los efectos del genotipo e inoculación (GxI), en el que se evidencia el comportamiento diferente para cada grupo tratado.

Cuadro 23. Valores medios de ganancia diaria de peso (g) por efecto del genotipo e inoculación.

Genotipo	Inóculo		Media
	Con	Sin	
Criollo	$134 \pm 8$ a	$200 \pm 14$ c	$167 \pm 8$ A
Suffolk	$92 \pm 10$ b	$250 \pm 10$ d	$171 \pm 9$ A
Media	$113 \pm 7$ D	$225 \pm 10$ C	

A: Medias no son diferente son diferentes ( $P > 0.05$ ).

C, D: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

a, b: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

c, d: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

La Figura 14 muestra el efecto de la interacción IxS. Las GDP en la semana 1 fueron  $367\pm33$  y  $286\pm52$  para los que recibieron el inóculo y los que no lo recibieron, respectivamente. Se encontró un comportamiento irregular en la semana 3, y a partir de la semana 4 se estabilizó la GDP. La tendencia observada es que a partir de la semana 4 los que no recibieron el inóculo mantuvieron altas GDP, alcanzando una media en la semana 20 de  $240\pm90$  g animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, mientras que en los inoculados, la media final fue de  $82\pm33$  g animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, diferencias significativas ( $P\leq0.05$ ).

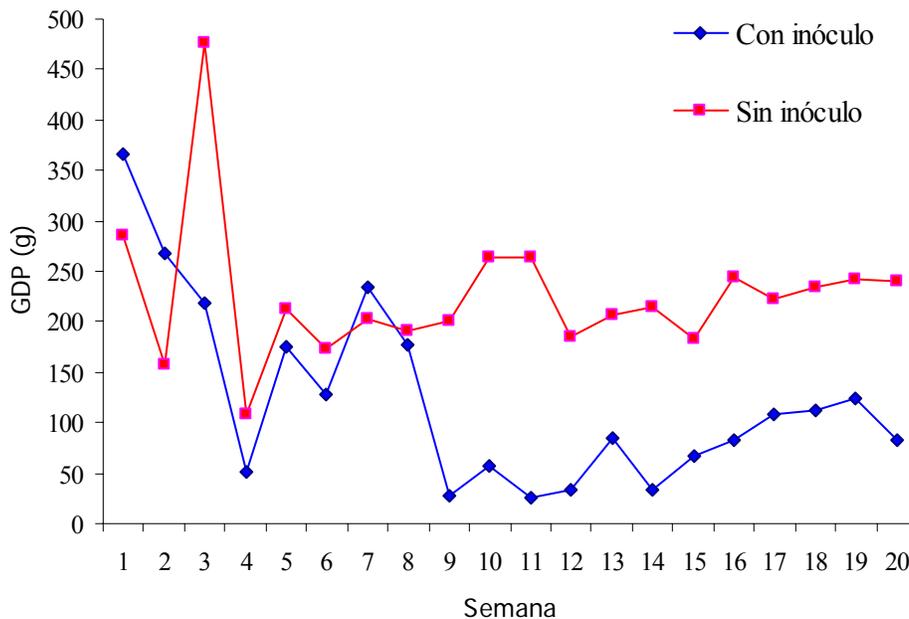


Figura 14. Interacción Inoculación x Semana en la ganancia diaria de peso.

La triple interacción GxIxS tuvo efecto significativo ( $P=0.034$ ). A pesar de la tendencia irregular, las medias de mínimos cuadrados y la distribución de GDP durante las veinte semanas se vieron afectadas por el genotipo y la inoculación. Se obtuvo un comportamiento irregular en las primeras 9 semanas y partir de la semana 10 se observó una tendencia que definía a cada grupo tratado (Figura 15).

Los corderos Suffolk sin inóculo (SN) lograron mejor comportamiento con GDP estables durante las 20 semanas, hasta alcanzar un valor medio al final del experimento de  $283\pm73$  g

animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, mientras que los Criollo sin inóculo (CN) al final alcanzaron una media de 208±73 g animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, diferencias de 78 gramos. Los corderos SI presentaron valores GDP negativos, es decir, perdieron peso en las semanas 12 y 14 (Figura 15).

Mientras que entre inoculados a partir de la semana 11 los Criollo tuvieron mejor GDP que los Suffolk, tendencia que se mantuvo hasta el final del experimento. En la semana 19 los valores fueron 154±43 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en CI y 97±43 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, diferencias de 56.6 g. Para la semana 20 las medias fueron 150±43 y 14.2±43 para CI y SI, reflejando el potencial de los CI para mantener ganancias de peso sobre los SI (Figura 15).

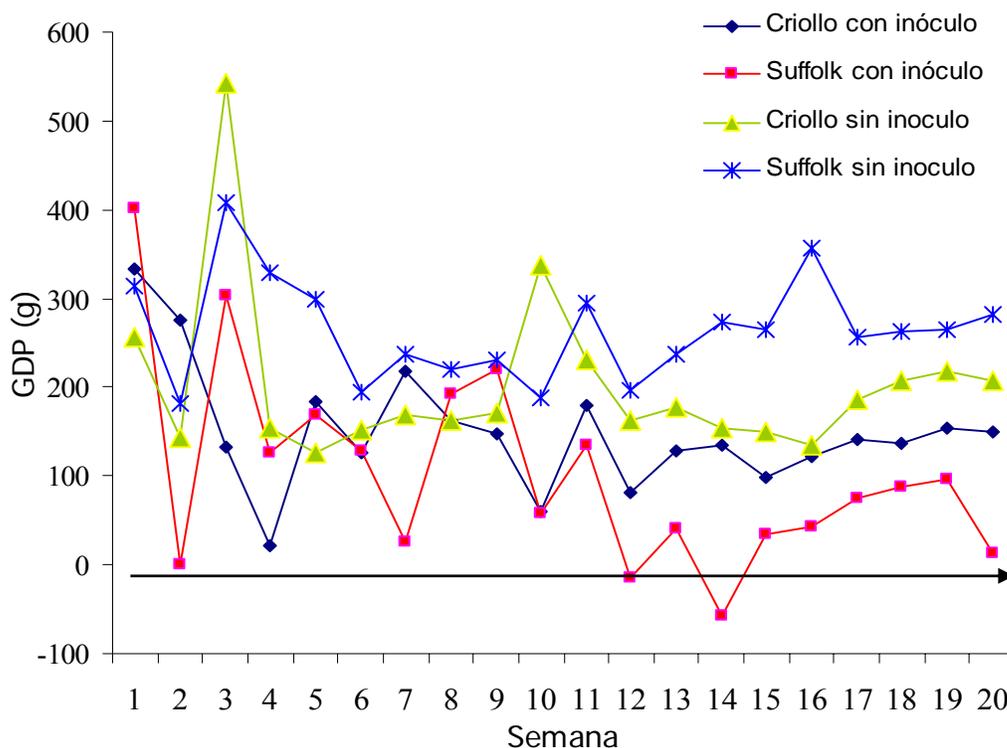


Figura 15. Efecto de la triple interacción GxIxS en la ganancia diaria de peso.

#### 4.8. Condición corporal (CC)

El Cuadro 24 presenta el análisis de varianza para CC, encontrando diferencias significativas en los efectos de Genotipo ( $P \leq 0.0001$ ), Inoculación ( $P \leq 0.0001$ ), y la interacción GxI ( $P \leq 0.05$ ), así como Semana y sus respectivas interacciones ( $P \leq 0.0001$ ).

Cuadro 24. Análisis de varianza de la característica condición corporal (CC).

Efecto	g.l. num	g.l. den	Valor F	Pr > F
Genotipo (G)	1	94	269.58	<0.0001
Inoculación (I)	1	94	43.23	<0.0001
G x I	1	94	4.40	0.0385
Semana (S)	20	303	8.85	<0.0001
G x S	20	303	7.12	<0.0001
I x S	20	303	5.98	<0.0001
G x I x S	20	303	3.08	<0.0001

Los corderos Criollo tuvieron valores medios de  $3.1 \pm 0.1$  y los Suffolk  $3.7 \pm 0.1$ , estos últimos mostraron mejor condición. Y entre inoculados y no inoculados, los valores medios fueron de  $3.3 \pm 0.1$  y de  $3.5 \pm 0.2$ , respectivamente ( $P \leq 0.0001$ ). El Cuadro 25 presenta los valores medios por efecto del genotipo y de la inoculación (GxI).

Cuadro 25. Valores medios de condición corporal por efecto del genotipo e inoculación.

Genotipo	Inóculo		Media
	Con	Sin	
Criollo	$3.0 \pm 0.1$ b	$3.3 \pm 0.3$ d	$3.1 \pm 0.1$ B
Suffolk	$3.6 \pm 0.1$ a	$3.8 \pm 0.1$ c	$3.7 \pm 0.1$ A
Media	$3.3 \pm 0.1$ D	$3.5 \pm 0.2$ C	

A, B: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

C, D: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.0001$ ).

a, b: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

c, d: Medias con diferente literal son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Al principio del experimento, los corderos Suffolk tuvieron una CC media de  $4.0 \pm 0.1$ , y los Criollo  $2.8 \pm 0.1$ . En las primeras 10 semanas, considerando la etapa de crecimiento y desarrollo y dado el manejo alimenticio al que fueron sometidos los corderos, por efecto del inóculo los Suffolk disminuyeron su CC, mientras que los Criollo presentaron comportamiento inestable. Fueron notorias las diferentes CC para cada genotipo. En la semana 10 ambos genotipos presentaron condiciones similares,  $3.1 \pm 0.1$  en Criollo y  $3.3 \pm 0.2$  en Suffolk. A partir de este momento, ambos genotipos mejoraron condición, observándose que los Suffolk alcanzaron un máximo de  $3.9 \pm 0.2$  en la semana 13 e inmediatamente perdieron CC hasta presentar en la semana 18 un mínimo de  $3.3 \pm 0.1$ ; en esta semana los Criollo tuvieron  $3.4 \pm 0.1$ , momento en el que se invertían los valores hasta finalizar con  $3.6 \pm 0.1$  y  $3.3 \pm 0.1$  en Suffolk y Criollos respectivamente (Figura 16). La Figura 16 muestra la tendencia en la pérdida de CC en Suffolk, mientras que en Criollo la tendencia fue a la alza, reduciéndose en las últimas semanas la diferencia en CC de ambos genotipos, comparados con las CC iniciales, todo esto por efecto de la inoculación.

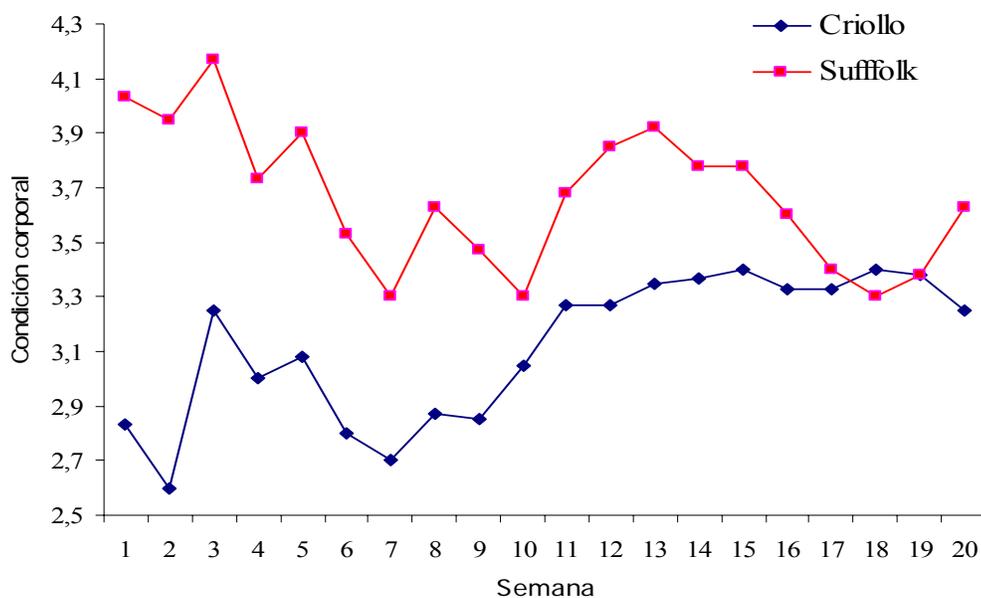


Figura 16. Interacción Genotipo x Semana en la condición corporal.

La Figura 17 presenta la interacción IxS, se observa que al principio todos los corderos tuvieron CC similares,  $3.4 \pm 0.2$  en inoculados y  $3.4 \pm 0.1$  en no inoculados; en la semana 4 los

corderos que recibieron el inóculo descendieron drásticamente su condición hasta alcanzar una media de  $3.1 \pm 0.1$ , mientras que los de sin inóculo su media fue  $3.6 \pm 0.2$ . En la semana 12 ambos grupos coincidieron en la CC y a partir de esta se marcó una tendencia en la que los corderos sin inóculo mejoraban CC, mientras que los corderos con inóculo perdían condición, hasta alcanzar en la semana 20 medias de  $2.8 \pm 0.1$  en inoculados y  $4.0 \pm 0.1$  en los no inoculados (Figura 17).

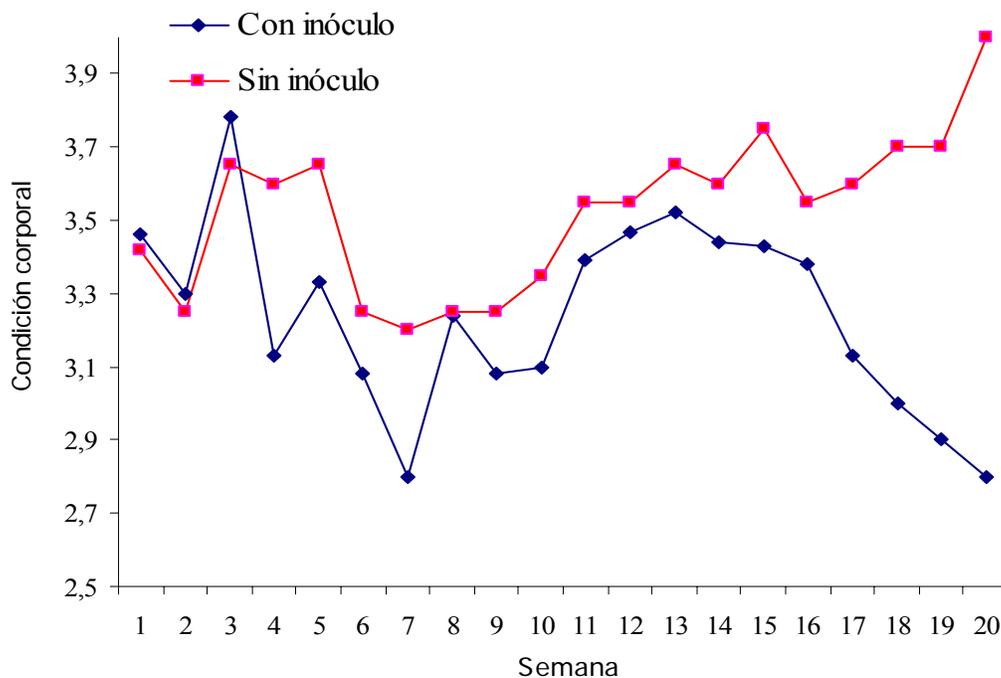


Figura 17. Interacción Inoculación x Semana en la condición corporal.

Se encontró que existe asociación entre genotipo, inóculo y cada una de las 20 semanas de estudio. La tendencia de la condición corporal de cada tratamiento durante las 20 semanas puede observarse en la Figura 18, demostrado por la interacción GxIxS que resultó significativa ( $P \leq 0.0001$ ).

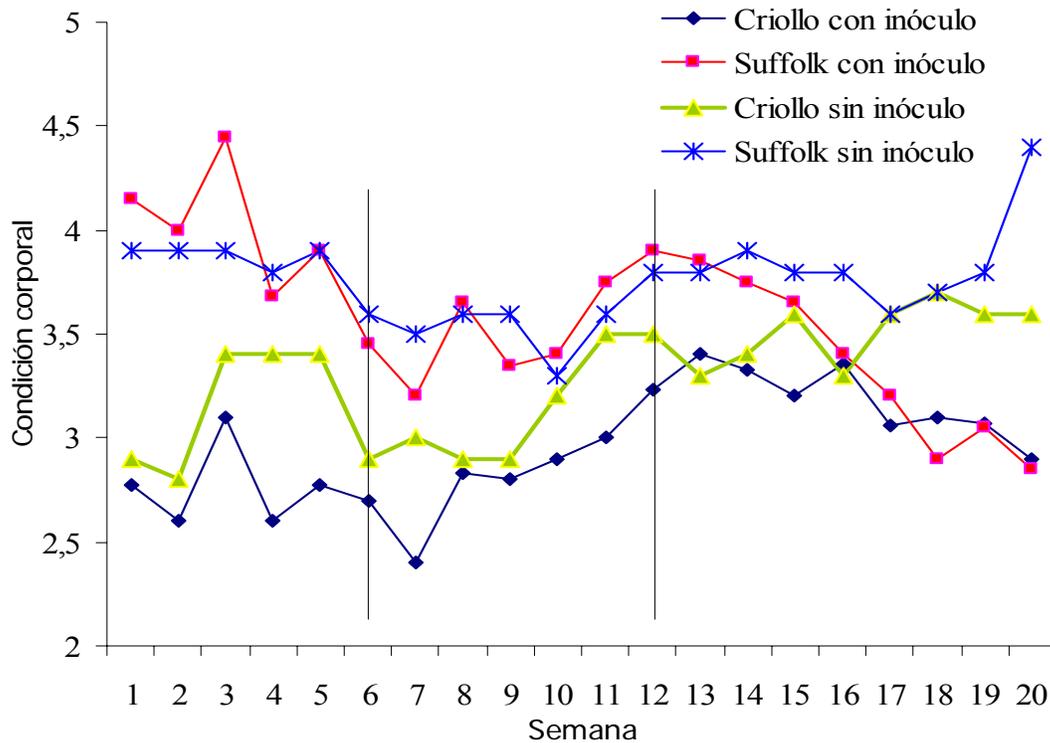


Figura 18. Efecto de la triple interacción G x I x S en la condición corporal.

Al inicio del experimento la selección de los corderos de cada grupo fue de manera aleatoria, no obstante, los valores medios fueron  $2.8 \pm 0.1$  y  $2.9 \pm 0.3$  para CI y CN, y  $4.2 \pm 0.2$  y  $3.9 \pm 0.1$  para SI y SN. En la Figura 18 pueden observarse tres comportamientos distintos. Durante las primeras 6 semanas, se encontraron diferentes CC considerando características propias de cada genotipo, resaltando que los Criollo mantuvieron sus diferencias estables, mientras que los Suffolk en la semana 4 invirtieron sus CC entre inoculados y no inoculados, reflejando este comportamiento inestable. Se observó que hasta este momento la influencia de la inoculación fue más evidente en Suffolk.

De la semana 7 a la 12 se observa que los CI tienden a aumentar ligeramente su condición ya con los efectos de la inoculación y la carga de huevos, los CN mantuvieron alta condición; en tanto que los Suffolk mantienen comportamiento irregular notándose un ligero aumento de SI en la semana 10, aunque estos no son tan diferentes comparados con SN

Finalmente, de la semana 13 a la 20, la inoculación influye en los genotipos de manera tal que los Criollo mejoran sustancialmente la CC, hasta llegar a tener las mismas CC a los Suffolk en las semanas 17, 18 y 19, con valores respectivos de  $3.6\pm 0.1$ ,  $3.7\pm 0.1$  y  $3.7\pm 0.1$ . Los corderos inoculados de ambos genotipos presentaron una tendencia a la baja de CC, hasta alcanzar valores finales en la semana 20 de  $2.9\pm 0.1$  y  $2.9\pm 0.1$  para los Criollo y Suffolk, respectivamente, aunque la tendencia a la baja fue más notoria en los SI, quienes desde la semana 13 descendieron sus valores. Dentro de los corderos que no recibieron inóculo, los Suffolk en la semana 20 lograron la mejor CC que los Criollo, con valores respectivos de  $4.4\pm 0.1$  y  $3.6\pm 0.1$  (Figura 18). En general, los Suffolk presentaron unas tendencias irregulares durante las 20 semanas, por efecto de la inoculación.

#### 4.9. Carga de nematodos adultos (CNA)

Al sacrificio, en animales inoculados se encontraron diferencias importantes ( $P\leq 0.05$ ) en la CNA, los corderos Criollo presentaron una media de  $1,090\pm 119$ , mientras que en Suffolk fue de  $2,358\pm 258$ . En el Cuadro 26 se presentan los resultados del análisis de varianza para esta característica.

Cuadro 26. Análisis de varianza de la característica carga de nematodos adultos.

F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Genotipo	1	3,213,112.5	3,213,112.5	19.89	0.0043
Error	6	969,275.0	161,545.8		
Total	7	4,182,387.5			

#### 4.10. Correlaciones entre las características en la semana 20

Se obtuvieron las correlaciones entre las características de estudio dentro de cada semana de estudio y para cada grupo o tratamiento. A continuación se presentan las correlaciones obtenidas durante la semana 20, tomadas como representativas del comportamiento en todo el

periodo de estudio y considerando el efecto de la inoculación al final del estudio, omitiendo el resto de las semanas.

En el Cuadro 27 se presentan las correlaciones para los corderos Criollos con inoculo, destacando la asociación moderada entre HPG y CMO de 0.49 ( $P \leq 0.05$ ), conforme se incrementa la cantidad de huevos, el valor CMO se incrementa, representando cierto grado de anemia por cambios en el color de la conjuntiva; de la misma manera HPG mantuvo correlación negativa significativa ( $P \leq 0.05$ ) con Hb, indicando que conforme aumenta el contero de huevos, disminuye el nivel de Hb. El nivel de Hb mantuvo correlaciones positivas significativas con Ht y EOS, y correlación negativa significativa con CMO ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 27. Correlaciones en la semana 20 de corderos Criollo con inóculo.

	GDP	HPG	Hb	Ht	EOS	CMO
PC	-0.26 (0.350)	0.50 (0.059)	-0.29 (0.303)	-0.31 (0.257)	-0.11 (0.700)	0.47 (0.079)
GDP	1	-0.24 (0.392)	0.14 (0.621)	0.24 (0.387)	-0.03 (0.903)	0.02 (0.954)
HPG		1	-0.51 (0.053)	-0.22 (0.435)	-0.27 (0.338)	0.49 (0.065)
Hb			1	0.81 (0.0003)	0.66 (0.006)	-0.78 (0.0006)
Ht				1	0.55 (0.035)	-0.63 (0.011)
EOS					1	-0.58 (0.024)
CMO						1

PC=Peso corporal, GDP=ganancia diaria de peso, HPG=huevos por gramo de heces, G.B.=cantidad de glóbulos blancos, Hb=Hemoglobina, Ht=Hematocrito, EOS=Conteo de eosinófilos, CMO=Color de la mucosa ocular.

En los Suffolk con inoculo (Cuadro 28) fue interesante el grado de asociación de -0.74 entre el PC con EOS ( $P \leq 0.05$ ), esto quiere decir que conforme se disminuye el peso corporal, aumenta la cantidad de eosinófilos. Y la correlación entre Ht y CMO fue negativa significativa ( $P \leq 0.05$ ) con un valor de -0.85. La correlación entre Ht y Hb fue positiva, representado por un valor de 0.92 ( $P \leq 0.01$ ). Las demás asociaciones no fueron significativas ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 28. Correlaciones en la semana 20 de corderos Suffolk con inóculo.

	GDP	HPG	Hb	Ht	EOS	CMO
PC	0.34 (0.331)	-0.04 (0.912)	0.143 (0.693)	0.25 (0.492)	-0.74 (0.014)	0.14 (0.706)
GDP	1	-0.49 (0.146)	0.07 (0.844)	0.11 (0.764)	-0.21 (0.565)	-0.19 (0.602)
HPG		1	0.121 (0.739)	0.09 (0.800)	-0.29 (0.414)	-0.10 (0.789)
Hb			1	0.92 (0.0001)	0.13 (0.724)	-0.90 (0.0004)
Ht				1	0.14 (0.724)	-0.85 (0.002)
EOS					1	-0.28 (0.429)
CMO						1

PC=Peso corporal, GDP=ganancia diaria de peso, HPG=huevos por gramo de heces, G.B.=cantidad de glóbulos blancos, Hb=Hemoglobina, Ht=Hematocrito, EOS=Conteo de eosinofilos, CMO=Color de la mucosa ocular.

En los Criollo sin inóculo, no se encontraron asociaciones significativas. Resultando únicamente interesantes las correlaciones de 0.99 entre Hb y Ht ( $P \leq 0.01$ ), así como de -0.87 entre Hb y CMO ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 27); así como destaca la asociación negativa significativa de -0.89 entre Ht y CMO ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 29. Correlaciones en la semana 20 de corderos Criollo sin inóculo.

	GDP	HPG	Hb	Ht	EOS	CMO
PC	0.14 (0.828)	-	0.69 (0.196)	0.72 (0.169)	0.46 (0.435)	-0.52 (0.369)
GDP	1	-	0.35 (0.559)	0.35 (0.560)	0.07 (0.906)	-0.21 (0.733)
HPG		-	-	-	-	-
Hb			1	0.99 (0.0002)	0.26 (0.678)	-0.87 (0.053)
Ht				1	0.22 (0.725)	-0.89 (0.041)
EOS					1	0.23 (0.710)
CMO						1

PC=Peso corporal, GDP=ganancia diaria de peso, HPG=huevos por gramo de heces, G.B.=cantidad de glóbulos blancos, Hb=Hemoglobina, Ht=Hematocrito, EOS=Conteo de eosinofilos, CMO=Color de la mucosa ocular.

Considerando que los corderos Suffolk sin inóculo alcanzaron a presentar cierta infección con *H. contortus*, se encontró correlación positiva significativa entre HPG y CMO ( $P \leq 0.05$ ); esta ligera infección provocó que los corderos indujeran cierta eosinofilia, demostrado por la correlación positiva de 0.91 entre Hb y EOS ( $P \leq 0.5$ ). Estos valores de asociación se presentan en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Correlaciones en la semana 20 de corderos Suffolk sin inóculo.

	GDP	HPG	Hb	Ht	EOs	CMO
PC	-0.65 (0.236)	0.56 (0.322)	0.66 (0.230)	0.14 (0.817)	0.51 (0.375)	0.31 (0.609)
GDP	1	0.10 (0.879)	-0.54 (0.343)	-0.51 (0.376)	-0.74 (0.152)	0.05 (0.939)
HPG		1	-0.14 (0.824)	-0.58 (0.303)	-0.41 (0.497)	0.88 (0.052)
Hb			1	0.64 (0.248)	0.91 (0.029)	-0.51 (0.385)
Ht				1	0.81 (0.097)	-0.68 (0.208)
EOS					1	-0.61 (0.275)
CMO						1

PC=Peso corporal, GDP=ganancia diaria de peso, HPG=huevos por gramo de heces, G.B.=cantidad de glóbulos blancos, Hb=Hemoglobina, Ht=Hematocrito, EOS=Conteo de eosinófilos, CMO=Color de la mucosa ocular.

## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

Los experimentos de evaluación de la resistencia a infecciones parasitarias se llevan a cabo a través de inoculación experimental o natural con larvas del parásito en cuestión. Para obtener una mejor evaluación, estos desafíos se evalúan a través del tiempo; los animales infectados son monitoreados cada semana por la variación en el comportamiento de diferentes características (Gamble y Zajac, 1992; Bahirathan *et al.*, 1996; Bricarello *et al.*, 2005). El efecto de la semana es determinante en la variabilidad del comportamiento de los diferentes genotipos evidenciando el grado de resistencia a los efectos negativos del parásito.

En el presente estudio el efecto del genotipo fue importante en HPG, EOS, PC, CC y CMO; mientras que la inoculación tuvo efecto significativo en todas las características estudiadas ( $P \leq 0.01$ ). La semana tuvo efectos significativos ( $P \leq 0.01$ ) en todas las características de estudio, lo que concuerda con Bahirathan *et al.* (1996) y Bricarello *et al.* (2005).

Al principio del experimento todos los corderos presentaron bajos valores HPG, las medias fueron similares. Conforme transcurrían las semanas, los corderos con inóculo de ambos genotipos incrementaron gradualmente sus medias. Bahirathan *et al.* (1996) encontraron que hasta la semana 4 el comportamiento en HPG era similar en corderos Suffolk y Gulf Coast Native, y a partir de la semana 6 los Suffolk incrementaban hasta  $17,995 \pm 1,301$  pero después de esta semana el comportamiento fue impredecible, y en Gulf Coast Native a  $2,136 \pm 1,239$  HPG en la semana 12 de estudio. Bricarello *et al.* (2004) en corderos Corriedale y Criollo, reportaron que el valor máximo se alcanzó un máximo en la semana 9. Schallig *et al.* (1994) encontraron en corderos Texel que los valores de HPG comenzaron a incrementarse a partir de la tercera semana de la infección, alcanzando un máximo después de la sexta semana.

Este comportamiento reportado por Bahirathan *et al.* (1996) y Bricarello *et al.* (2004) fue similar al obtenido en este estudio, en la semana 12 los corderos Suffolk tuvieron niveles de  $11,350 \pm 1,699$  HPG y los Criollo  $7,420 \pm 1,352$ , pero la tendencia después de esta semana era

impredecible decidiéndose ampliar el experimento hasta la semana 20 para observar la tendencia y diferencias entre genotipos.

Los corderos Criollo tuvieron cantidades de HPG promedio de  $4,480 \pm 560$  y en Suffolk fue  $6,248 \pm 845$ . Los efectos de la inoculación sobre HPG fueron evidentes a partir de la semana 6, coincidiendo con las inoculaciones diferidas durante las primeras 6 primeras semanas. Los Suffolk alcanzaron un máximo de  $12,160 \pm 1,711$  en la semana 15 con un valor final en la semana 20 de  $10,070 \pm 955$ ; en tanto los Criollo el máximo fue  $8,073 \pm 672$  en la semana 16 con un valor final de  $7,500 \pm 627$  (Figura 7). La amplitud diferente entre las medias al final del estudio de cada grupo tratado, reflejaron los efectos significativos de la inoculación.

De la misma manera el hematocrito (Ht) mostró diferencias significativas entre inoculados y no inoculados, pero no entre genotipos. Los que recibieron el inóculo afectaron sus valores de Ht, tanto que las diferencias fueron muy significativas en la semana 20 (Figura 8). Morteo-Gómez *et al.* (2004) evaluaron Ht en corderos Pelibuey sometidos a una infección natural y artificial cuyos valores obtenidos fueron  $0.27 \pm 0.0$  y  $0.26 \pm 0.0$ , respectivamente ( $P \leq 0.01$ ), lo que coincide con los resultados observados en el presente estudio. Aunque Gaulty *et al.* (2002) en ovinos Rhön y Merinoland no encontraron diferencias significativas de Ht junto con carga de nematodos y niveles de Ig entre genotipos ( $P > 0.05$ ). Los Rhön presentaron niveles más altos de HPG que los Merinoland ( $P \leq 0.05$ ). Los ovinos Rhön son un genotipo desarrollado bajo condiciones extensivas, en tanto que el Merinoland es también denominado Merino Alemán, animales generados a partir del Merino llevado de España alrededor de los años 1800 y cruzado con otras razas locales. Lo reportado por Gaulty *et al.* (2002) coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, al no encontrar diferencias significativas entre corderos Criollo y Suffolk para la característica hematocrito.

Louvandini *et al.* (2006) y Díaz-Rivera *et al.* (2000) indican que el nivel de hemoglobina (Hb) es un criterio de selección hacia resistencia a infección por parásitos gastrointestinales. Esta característica mostró diferencias significativas entre corderos con inoculo y sin inoculo, pero no entre genotipos. Al iniciar el experimento los cuatro grupo tuvieron promedios de Hb

similares (Figura 9), sin embargo, los inoculados de ambos genotipos disminuyeron sus valores conforme transcurrían las semanas. Los Criollo y Suffolk sin inoculo mantuvieron niveles de Hb normales, es decir sin los efectos de la infestación. Los valores obtenidos fueron  $9.9\pm 0.1$ ,  $9.9\pm 0.1$ ,  $11.2\pm 0.1$  y  $11.4\pm 0.1$  para los grupos Criollo con inoculo (CI), Suffolk con inoculo (SI), Criollo sin inoculo (CN) y Suffolk sin inoculo (SN), respectivamente. El comportamiento de Hb obtenido en el presente estudio es similar a lo reportado por Torres-Acosta (2004).

Considerando la importancia del color de la mucosa ocular (CMO) como criterio para dar tratamiento antihelmíntico durante la haemoncosis (Van Wyk y Bath, 2002, Van Wyk *et al.*, 2002), se encontró un efecto significativo ( $P\leq 0.01$ ) de genotipo en esta característica, reflejado en diferencias entre Criollo y Suffolk. En Suffolk se compromete más el color de la conjuntiva. Los animales que no recibieron el inóculo mantuvieron niveles estables durante todo el experimento. Adicionalmente los Criollo produjeron mayor cantidad de eosinófilos como respuesta a la infección parasitaria, aunque aún sin el efecto del inóculo estos animales fueron capaces de producir más eosinófilos sanguíneos.

El peso corporal (PC) ha sido poco utilizada como indicador del grado de resiliencia (Pérez-García *et al.*, 2004) y resistencia (Díaz-Rivera *et al.* 2000; Morteo-Gómez *et al.* 2004, Vanimisetti *et al.*, 2004b). Al iniciar el experimento los corderos presentaron pesos corporales diferentes,  $24.8\pm 1.0$ ,  $48.3\pm 1.3$ ,  $27.4\pm 1.8$  y  $43.5\pm 1.8$  para CI, SI, CN y SN, respectivamente; estos valores se modificaron durante las 20 semanas con tendencias diferentes. En SI el mayor descenso ocurrió en la semana 9, a partir de la cual presentaron bajos pesos hasta alcanzar en la semana 20 un valor medio de  $58.9\pm 1.3$ , comportamiento diferente en SN, quienes presentaron pesos ascendentes hasta lograr un peso final de  $72.5\pm 1.3$  en la semana 20. Los pesos del Criollo fueron bajos en comparación con Suffolk; los CI tuvieron bajos PC que los CN, estas diferencias fueron mas marcadas de la semana 3 a la 8, y de la 8 hasta la 20, logrando un PC final de  $40.1\pm 1.0$  y  $51.4\pm 1.8$  para CI y CN respectivamente. En general, los Suffolk tuvieron los mayores pesos, sin embargo, por efecto de la inoculación en la semana 9 descendieron ligeramente su PC y a partir del cual los inoculados presentaron bajos pesos. Este comportamiento no se observó en los Criollo, estos a pesar de tener menores pesos, el efecto de

la inoculación no fue evidente. Aunque los cuatro grupos en cada semana tuvieron pesos elevados, las diferencias al final del estudio (semana 20) fueron notorias (Figura 13).

La ganancia diaria de peso (GDP) es el mejor indicador en estudios de caracterización y evaluación en susceptibilidad (Torres-Acosta *et al.*, 2004). En este experimento se encontró efecto significativo ( $P \leq 0.01$ ) de Genotipo, Inoculación, Semana y de las interacciones IxS y GxIxS en GDP ( $P \leq 0.05$ ). Durante las primeras 8 semanas se observó un comportamiento irregular en cada grupo tratado, y fue hasta la semana 10 cuando se estableció el comportamiento definiéndose las tendencias de cada grupo. En las 20 semanas los Suffolk con inóculo tuvieron las más bajas GDP que incluso presentaron pérdidas de peso, en contraste con los Suffolk sin inóculo quienes mantuvieron las más altas GDP. La Figura 15 refleja la amplitud encontrada por efecto del inóculo al final del experimento en cada grupo tratado, siendo mayor entre los corderos Suffolk y menor entre los Criollo.

Respecto a la condición corporal (CC), al principio del experimento los corderos Suffolk tuvieron mejor CC que los Criollo  $4.0 \pm 0.1$  vs.  $2.8 \pm 0.1$ . En las primeras 10 semanas los Suffolk disminuyeron su CC, mientras que los Criollo presentaron comportamiento variable. En la semana 10 ambos presentaron condiciones similares,  $3.1 \pm 0.1$  en Criollo y  $3.3 \pm 0.2$  en Suffolk; a partir de este momento mejoraron condición, los Suffolk alcanzaron un máximo de  $3.9 \pm 0.2$  en la semana 13 e inmediatamente perdieron CC hasta presentar en la semana 18 un mínimo de  $3.3 \pm 0.1$ ; en esta semana los Criollo tuvieron  $3.4 \pm 0.1$ , momento en el que se invertían los valores hasta finalizar con  $3.6 \pm 0.1$  y  $3.3 \pm 0.1$  en Suffolk y Criollos respectivamente, todo esto por efecto de la inoculación.

Considerando las diferencias genéticas en peso, tamaño y CC con las que se inició el experimento, puede aseverarse que los corderos Criollo, muy a pesar de su bajo tamaño, peso y condición, toleraron mejor la carga de 6,000 larvas L<sub>3</sub> que los Suffolk, ya que éstos últimos comprometieron más su condición corporal. Trabajos similares indican que los corderos Suffolk son mas susceptibles comparados con otras razas, tales como Santa Inés e Ile de France (Bahirathan *et al.*, 1996; Amarante *et al.*, 2004).

Como parte importante de estudios con mediciones repetidas es trascendental los efectos de las interacciones, en este caso, la interacción GxS resultó significativa para la condición corporal (CC), conforme transcurren las semanas la CC tienden a disminuir, valores medios diferentes del inicio al final del experimento. La interacción IxS fue significativa en todas las características ( $P \leq 0.05$ ). En general, el efecto de la inoculación se evidenció después de la semana 6 para todas las características, esto debido a que hasta esta semana concluyeron las seis inoculaciones diferidas hasta completar las 6,000 larvas. Antes de este periodo, los niveles de la infestación larval eran menores y por tanto los efectos de la inoculación no fueron muy notorios.

La triple interacción GxIxS resultó significativa en las características productivas PC ( $P \leq 0.01$ ), GDP ( $P \leq 0.05$ ) y CC ( $P \leq 0.0001$ ). No obstante, esta interacción no afectó el comportamiento de las características sanguíneas y fecales ( $P > 0.05$ ).

Se han estimado correlaciones moderadas a altas entre HPG y la carga de nematodos adultos (Amarante *et al.*, 1999; Gauly *et al.*, 2002), como también entre HPG y las diferentes variables sanguíneas como Hb y Ht, principalmente cuando se refiere a inoculaciones con parásitos hematófagos como *H. contortus*.

Durante la semana 20 en Criollo con inóculo destacó la correlación significativa de 0.49 ( $P \leq 0.05$ ) entre HPG y CMO, conforme incrementa la cantidad de huevos, el valor CMO aumenta, representando cierto grado de anemia por cambios en el color de la conjuntiva; también HPG mantuvo correlación negativa significativa ( $P \leq 0.05$ ) con Hb, conforme aumenta el conteo de huevos, disminuye Hb. El nivel de Hb mantuvo correlaciones positivas significativas con Ht y EOS, y correlación negativa significativa con CMO ( $P \leq 0.05$ ).

En Suffolk con inóculo, la correlación de -0.74 entre el PC con EOS fue significativa, encontrando que conforme aumenta el peso, la cantidad de eosinofilos sanguíneos disminuye, haciendo a los corderos más susceptibles a los efectos de la infección. En tanto que la relación entre Ht y CMO resultó significativa ( $P \leq 0.05$ ), conforme disminuía Ht, la coloración de la

conjuntiva aumentaba considerando la escala de 1 a 5, donde valores cercanos a 5 corresponden a animales con coloraciones pálidas.

Estas asociaciones coinciden con lo reportado por Amarante *et al* (1999) en corderos Florida Native, Rambouillet y sus cruzas F1 y F2, reportaron correlaciones entre diferentes características determinantes de la resistencia a la infección con *H. contortus*, encontrando una correlación positiva alta entre HPG y la carga de nematodos adultos, así como entre la concentración de proteína plasmática total y volumen del paquete celular (VPC), correlaciones negativas moderadas entre conteo de eosinófilos con carga de nematodos adultos y con HPG.

Adicionalmente a los genotipos como Florida Native (Courtney *et al.*, 1985; Amarante *et al.*, 1999), St. Croix (Zajac *et al.*, 1990; Gamble y Zajac, 1992), Red Massai (Mugambi *et al.*, 1996; Wanyangu *et al.*, 1997, Baker, 1998) y Gulf Coast Native (Bahirathan *et al.*, 1996, Miller *et al.*, 1998, Peña *et al.*, 2004) y en base al presente estudio, podemos considerar al ovino Criollo como un genotipo menos susceptible a infecciones por *H. contortus*.

## 6. CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias en HPG, CMO, EOS, PC y CC entre los genotipos, y en todas las características estudiadas por efecto de la inoculación. Los efectos de interacción entre genotipo e inoculación fueron significativos en CMO, EOS, GDP y CC.
2. Se encontraron diferencias en HPG, Ht, Hb, CMO, PC, GDP y CC entre las semanas. Los efectos de la interacción entre semana e inoculación fueron significativos en todas las características.
3. Las variaciones en PC, GDP y CC durante todo el experimento, fueron explicadas por el efecto significativo de la interacción entre genotipo, inoculación y semana.
4. Los corderos Criollo presentaron menor cantidad de huevos por gramo de heces, menor cantidad de nematodos adultos, poca variabilidad de los niveles de hemoglobina y hematocrito, presentar mejor respuesta eosinofílica, recibieron mayores calificaciones de color de la mucosa ocular, tuvieron menos pérdidas de peso corporal, ganancias de peso estables y poca variación en la condición corporal.
5. En la semana 20 en ambos genotipos destacaron las correlaciones negativas entre la cantidad de huevos en heces con las características color de la mucosa ocular, hemoglobina, hematocrito, cuantificación de eosinófilos y coloración de la mucosa ocular

Los corderos Criollo son menos susceptibles a una inoculación experimental con *Haemonchus contortus* que los corderos Suffolk. Este genotipo puede ser considerado como una alternativa para el mejoramiento de rebaños donde no haya posibilidad de aplicar antihelmínticos debido a su costo y disponibilidad.

Estos resultados evidencian la importancia de los ovinos Criollo para ser considerados como un recurso genético digno de ser conservado y mantenido para su utilización y aprovechamiento en regiones donde no pueden adaptarse razas mejoradas.

## 7. REFERENCIAS

- Adams, G.D. 1981. Changes in blood leucocytes, bone marrow and lymphoid organs in sheep infected with *Haemonchus contortus*. *International Journal for Parasitology*. 11:309-317.
- Aguilar, C.A. y Torres, A.J.F. 2002. Técnicas postmortem para recuperación de nematodos gastrointestinales de importancia económica en pequeños rumiantes. Fundación Produce Yucatán A.C. Mérida, Yucatán, México. Pp 49-54.
- Amarante, A.F.T., Craig, T.M., Ramsey, W.S., Davis, S.K. and Bazer, F.W. 1999. Nematode burdens and cellular responses in the abomasal mucosa and blood of Florida Native, Rambouillet and crossbreed lambs. *Veterinary Parasitology* 80:311-324.
- Amarante, A.F.T., Bricarello, P.A., Rocha, R.A. and Gennari, S.M. 2004. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Veterinary Parasitology* 120:91-106.
- Anindo, D., Toé, F., Tembely, S., Mukasa-Mugerwa, E., Lahlou-Kassi, A., Sovani, S. 1998. Effect of molasses-urea-block (MUB) on dry matter intake, growth, reproductive performance and control of gastrointestinal nematode infection of grazing Menz ram lambs. *Small Ruminant Res.* 27:63-71.
- Arteaga, C.J.D. 2003. La Industria ovina en México. Memoria del Primer Simposium Internacional de Ovinos de carne. Pachuca, Hidalgo. 17-19 Noviembre de 2003. pp: 1-7.
- Athanasiadou, S., Gray, D., Younie, D., Tzamaloukas, O., Jackson, F. and Kyriazakis, I. 2007. The use of chicory for parasite control in organic ewes and their lambs. *Parasitology* 134:299-307.
- Bahirathan, M., Miller, J.E., Barras, S.R. and Kearney, M.T. 1996. Susceptibility of Suffolk and Gulf Coast Native suckling lambs to naturally acquired strongylate nematode infection. *Veterinary Parasitology*. 65: 259-268.
- Baker, R.L. 1998. Genetic resistance to endoparasites in sheep and goats. A review of genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in sheep and goats in the tropics and evidence for resistance in some sheep and goat breeds in sub-humid coastal Kenya. *International Livestock Research (ILRI)*. AGRI 24: 13-30.

- Barger, I.A. and K. M. Dash. 1987. Repeatability of ovine faecal egg counts and blood packed cell volumes in *Haemonchus contortus* infections. *Int. Journal Parasitology* 17: 977-980.
- Benjamín, M. M. 1991. *Manual de Patología Clínica en Veterinaria*. Editorial Limusa. México D. F. pp: 33-87.
- Beytia, P.E.S. y Jiménez, P.C. 2000. Diferencias genotípicas en la evaluación de la utilización del alimento utilizando ovinos Criollos y Suffolk. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mexico. 102 p.
- Bishop, S.C., Bairden, K., MacKellar, A., Park, M. and Stear, J. 1996. Genetic parameters for faecal egg count following mixed, natural predominantly *Ostertagia circumcincta* infection and relationships with live weight in young lambs. *Animal Sci.* 63: 423-478.
- Bricarello, P.A., Gennari, S.M. Oliviera-Sequeira, T.C.G., Vaz, C.M.S.L., Gonçalves de Gonçalves and Echevarría, F.A.M. 2004. Worm burden and immunological response in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Research* 51:75-83.
- Bricarello, P.A., Amarante, A.F.T., Rocha, R.A., Cabral-Filho, S.L. Huntley, J.F., Houdijk, J.G.M., Abdalla, A.L., Gennari, S.M. 2005. Influence of dietary protein supply on resistance to experimental infections with *Haemonchus contortus* in Ile de France and Santa Ines lambs. *Veterinary Parasitology* 134:99-109.
- Burke, J.M. and Miller, J. E. 2006. Evaluation of multiple low doses of copper oxide wire particles compared with levamisole for control of *Haemonchus contortus* in lambs. *Veterinary Parasitology* 3537:1-5.
- Coffin, D.L. 1986. *Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria*. La Prensa Médica Mexicana. México, D. F. 335 p.
- Coles, G.C., Jackson, F., Pomroy, W.E. Prichard, R.K., Von Samson-Himmelsstjerna, G, Silvestre, A., Taylor, M. A. and Vercruysse, J. 2006. The detection of antihelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*. 136: 167-185.
- Courtney, C.H., Parker, C.F., McClure, K.E., Herd, R.P. 1985. Resistance of exotic and domestic lambs to experimental infection with *H. contortus*. *Int. Journal Parasitology*. 15:101-109.
- Cuellar, O.J.A. 2004a. Comercialización de ovinos y caprinos en México. En: *La Comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos*.

- Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. CYTED. Red Iberoamericana para el Mejoramiento Productivo de Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. México. Pág. 95-109.
- Cuellar, O.J.A. 2004b. Control parasitario en ovinos tropicales. Rev. Acontecer Ovino Caprino. Vol. 5. No. 25. Oct-Dic. 2004. pp: 59-67.
- Cuellar, O.J.A. 2007. Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010. [www.amteo.com/noticias/perspectivas-ovinos.swf](http://www.amteo.com/noticias/perspectivas-ovinos.swf).
- Del Pino, R. 1999. Lombrices estomacales. Traducción del artículo: Parasites of sheep. Alberta Agriculture Food and Rural Development. Adapted from Agdex 430/652-1 From Sheep and Goats. En: [www.geocities.com/raydelpino\\_2000/lombrices.html](http://www.geocities.com/raydelpino_2000/lombrices.html)
- De Lucas, T.J. y Arbiza, A.S.I. 1996. Razas de Ovinos. Editores Mexicanos Unidos S. A. México. 101 p.
- Díaz-Rivera, P., Torres-Hernández G., Osorio-Arce, M., Pérez-Hernández, P., Pulido-Albores, A., Becerril-Pérez, C.M., y Herrera-Haro, J.G. 2000. Resistencia a parásitos gastrointestinales en ovinos Florida, Pelibuey y sus cruzas en el trópico Mexicano. Agrocienza 34: 13–20.
- Eysker, M. and Ploeger, H.W. 2000. Value of present diagnostic methods for gastrointestinal nematode infections in ruminants. Parasitology. 120: S109-S119.
- Flores, C.R. 2003. La salud animal en ovinos como factor de valor agregado en la comercialización de la carne. Memoria. Primer Simposium Internacional de Ovinos de Carne. Pachuca, Hidalgo. 17-19 de noviembre de 2003. pp: 70-79.
- Fox, M.T. 1997. Pathophysiology of infection with gastrointestinal nematodos in domestic ruminants: recent developments. Veterinary Parasitology 72:285-308.
- Frandsen, R.D. y Spurgeon, T.L. 1998. Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. Quinta edición. Interamericana Mc-Graw Hill. 560 p.
- Gamble, H.R. and M. Zajac. A. 1992. Resistance of St. Croix lambs to *Haemonchus contortus* in experimentally and naturally acquired infections. Veterinary Parasitology. 41:211-225.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Gauly, M. and Erhardt, G. 2001. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Rhön sheep following natural infection. Veterinary Parasitology 102:253-259.

- Gauly, M., Kraus, M., Vervelde L., Van Leeuwen M.A.W. and Erhardt G. 2002. Estimating genetic differences in natural resistance in Rhön and Merinoland sheep following experimental *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology* 106:55-67.
- Gruner, L and Cabaret, J. 1988. Resistance of Sheep and Goats to Helminth Infections: A Genetic Basis. *Small Ruminant Productivity in Semi-arid Areas*. ICARDA. 257-264.
- Gruner, L., Aumont, G.,T. Getachew, Brunel, J.C., Pery, C., Cognié Y., Guérin, Y. 2003. Experimental infection of BlackBelly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites. *Veterinary Parasitology*. 116: 239-249.
- Gruner, L., Bouix, J. and Brunel, J.C. 2004. High genetic correlation between resistance to *Haemonchus contortus* and to *Trichostrongylus colubriformis* in INRA 401 sheep. *Veterinary Parasitology* 119:51-58.
- Hassen, Y., Sölkner, J., Waltl-Fuerst, B. 2004. Body weight of Awassi and indigenous Ethiopian sheep and their crosses. *Small Ruminant Research*. 55:51-56.
- Herrera, H.J.G. y Barreras, S.A. 2005. Análisis estadístico de experimentos pecuarios, utilizando el programa SAS. Manual de procedimientos. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 213 p.
- Larsen, J.W., Vizard, A. L. and Anderson, N. 1995. Production losses in Merino ewes and financial penalties caused by trichostrongylid infections during winter and spring. *Australian Veterinary Journal*. 72: 58-63.
- Le Jambre, L.F. 1978. Host genetic factors in helminth control. In: *The Epidemiology and Control of gastro-intestinal parasites of sheep*. (Donald, A. D., Southcott, W. H. and Dineen, J. K., eds). Division of Animal Health, CSIRO, Melbourne, Australia.
- Louvandini, H., Veloso, C.F.M., Paludo, G. R., Dell'Porto, A., Gennari, S.M. and McManus, C.M. 2006. Influence of protein supplementation on the resistance and resilience on young hair sheep naturally infected with gastrointestinal nematodes during rainy and dry seasons. *Veterinary Parasitology*. 137: 103-111.
- Mandonnet, N (1995). Analyse de la variabilité génétique de la résistance aux strongles gastrointestinaux chez les petits ruminants. Elements pour la définition d'objectifs et de critères de sélection en milieu tempéré ou tropical .These Docteur en Scinces .Orsay, Paris. Université de Paris XI, 115 pp.

- Martínez, Q.J.A. 1989. La producción ovina en los altos de Chiapas, condiciones de manejo y explotación. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 95 p.
- Martínez, M.J., Pérez, J., Cámara, S., Millán, Y. y Borge, C. 1999. Patología de los pequeños rumiantes en imágenes (IV). Enfermedades de los adultos, enfermedades parasitarias. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba, España. En: [www.colvet.es/infovet/dic99/ciencias\\_y/articulo1.htm#verminos](http://www.colvet.es/infovet/dic99/ciencias_y/articulo1.htm#verminos)
- Menassé, G.J.A. 2000. Caracterización fisiológica de ovinos Criollos y Suffolk y su interrelación con características productivas en edades diferentes. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 114 p.
- Meráz, M.R. 1997. Evaluación de diez genotipos ovinos: Efectos genético ambientales y estimación de algunos parámetros de cruzamiento. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 84 p.
- Miller, J.E., Bahirathan, M., Lemarie, S.L., Hembry, F.G., Kearney, M.T., Barras, S.R. 1998. Epidemiology of gastrointestinal nematode parasitism in Suffolk and Gulf Coast Native sheep with special emphasis on relative susceptibility to *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology* 74:55-74.
- Morales, G; Pino, L.A.; Sandoval, E; Moreno, L. 1998. Importancia de los animales acumuladores de parásitos (wormy animals) en rebaños de ovinos y caprinos naturalmente infectados. *Analecta Veterinaria*. 18 :1-6.
- Morteo-Gómez, R, González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Nuncio-Ochoa, G., Becerril-Pérez, C. M., Gallegos-Sanchez, J. y Aranda-Ibañez, E. 2004. Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a la infestación con nematodos gastrointestinales. *Agrociencia*. 38: 395-404.
- Mugambi, J.M., Bain, R.K., Wanyangu, S.W., Ihiga, M.A., Duncan, J.L., Murray, M. and Stear, M.J. 1997. Resistance of four sheep breeds to natural and subsequent artificial *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology*. 69:265-273.
- N. R. C. 1988. Nutrient Requeriments of Sheep. National Research Council. Sixth revised edition. National Academy Press. Washington, D. C.
- Notter, D.R., Andrew, S.A. and Zajac, A.M. 2003. Responses of hair and wool sheep to a single fixed dose of infective larvae of *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Res.* 47: 221-225.

- Ocádiz, G.J. 1990. Epidemiología en animales domésticos, control de enfermedades. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Chapingo. 2ª edición, pp. 143. 187 p.
- Papadopulos, E., Arsenos, G., Coles, G.C. and Himonasa, C. 2007. Gastrointestinal nematode infection pattern of Greek dairy goats reared under extensive husbandry conditions and treated with anthelmintics at different times during the year. *Small Ruminant Research*. 69:68-73.
- Peña, M.T., Millar, J.E., and Horohov, D.W. 2004. Effect of dexamethasone treatment on the immune response of Gulf Coast Native lambs to *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology* 119:223-235.
- Peralta, L. M., Pedraza, V. P. y Pererzgrovas, G. R. 1992. Determinación de algunos parámetros productivos en la oveja Chiapas. Memorias del V Congreso Nacional de Producción Ovina. Monterrey, N. L. México.
- Pérez, J., M. García P., Hernández, S., Mozos, E., Cámara, S., Martínez-Moreno, A. 2002. Experimental haemonchosis in goats: effects of single and multiple infections in the host response. *Veterinary Parasitology* 249:1-10.
- Pérez-García, M., Torres-Acosta, J.F. y Aguilar-Caballero, A. 2004. Efecto de las agujas de óxido de cobre contra nematodos gastrointestinales en ovinos. 3er Seminario de Producción Intensiva de Ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. Pp 8-14.
- Perezgrovas, G.R. 1998. Comparación de recursos genéticos: el borrego Chiapas (México) y las razas autóctonas de origen español. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. *Archivos de Zootecnia*. 47:425-430.
- Pollot, G.E. and Kilkenny J.B. 1976. A note on the use of condition scoring in commercial sheep flocks. *Animal Production*. 23: 261-264.
- Romano, M., L. 2001. Nivel parasitario y géneros de parásitos internos en hembras adultas de los genotipos Criollo y Suffolk. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 82 p.
- Romero, E.E. y Solís, R.J. 1999. Asociación entre medidas corporales con el peso vivo en ovinos Criollos y Suffolk. En: Memorias X Congreso Nacional de Producción Ovina. Veracruz, Ver. México. Pp.232-237.
- SAGARPA, 2006. Producción Anual Pecuaria en México. Centro de Estadística Agropecuaria. <http://sagarpa.gob.mx/Dgg/prod0001.htm>

- Salinas, M.A. y Solís, R.J. 1997. Evaluación de la composición y rendimiento de la canal en ovinos Criollos y Suffolk. En: Memorias X Congreso Nacional de Producción Ovina. Veracruz, Ver. México. Pp.225-231.
- Sangster, N.C. 1999. Antihelmintic Resistance: Past, present and future. *International Journal for Parasitology*. 29:115-124.
- Sayers, G., Good, B., Narran, J.P., Ryan, M., Angles, J.M. and Sweeney, T. 2005. *Major Histocompatibility Complex DRB1 gene: its role in nematode resistance in Suffolk and Texel sheep breeds*. *Parasitology* 131:403-409.
- Schallig, H.D.F.H., Van Leeuwen, M.A.W., Bernardina, W.E. and Hendrikx, W.M.L. 1994. Serum antibody responses of Texel shshep experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *Research Veterinary Science* 57:63-68.
- Solís, R.J. 1992. Mejoramiento y conservación de Recursos genéticos: Los Ovinos Criollos. Memoria del II Seminario Nacional sobre sistemas de Producción Animal en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 116-126.
- Solís, R.J. y Romero, E.E. 2005. Los sistemas de producción ovino y caprino en México. En: Los Sistemas de producción de pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos en Iberoamérica. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología. CYTED. Red Iberoamericana para el mejoramiento productivo de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos. México. Pag. 184-203.
- Sréter, T., Kassai, T. and Takács, E. 1994. The heredability and specificity of responsiveness to infection with *Haemonchus contortus* in sheep. *International Journal for Parasitology*. Vol. 24. No. 6 : 871-876.
- Statistical Analisis System. SAS. 2000. SAS Circle. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Stear, M.J. and Murray, M. 1994. Genetic resistance to parasitic disease: Particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology* 54:161-176.
- Stear, M.J., Doligalska, M. and Donskow-Schemelter, K. 2007. Alternatives to anthelmintics for the control of nematodes in livestock. *Parasitology* 134:139-151.
- Steel, R.G.D y Torrie, J.H. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda edición. Editorial McGRAW-HILL. México. 622 p.

- Thienpont, D, Rochette, F y Vanparijs, O.F.J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. Segunda edición. Janssen Research Foundation. Beerse, Bélgica.
- Thompson, J., Meyer, H. 1994. Body condition scoring of sheep. Oregon State University Extension Service. Extension work is a cooperative program of Oregon State University, the U. S. Department of Agricultural, and Oregon counties. Ec 1433.
- Torres-Acosta, J.F.L., Jacobs, D.E., Aguilar-Caballero, A., Sandoval-Castro, C., May-Marínez, M., Cob-Galera, L.A. 2004. The effect of supplementary feeding on the resilience and resistance of browsing Criollo kids against natural gastrointestinal nematode infections during the rainy season in tropical Mexico. *Veterinary Parasitology* 124:217-238.
- Vanimisetti, H.B., Andrew, S.L., Zajac, A.M. and Notter, D.R. 2004a. Inherence of fecal egg count and packed cell volume and their relationship with production traits in sheep infected with *Haemonchus contortus*. *Journal of Animal Science*. 82: 1602-1611.
- Vanimisetti, H.B., Greiner, S.P., Zajac, A.M. and Notter, D.R. 2004b. Performance of hair sheep composite breeds: Resistance of lambs to *Haemonchus contortus*. *Journal of Animal Science*. 82: 595-604.
- Van Vleck, L.D., Pollak, E.J., Oltenacu, E.A.B. 1987. Genetics for the animal Sciences. W. H. Freeman, New York. p. 31.
- Van Wyk, J.A. and G.F. Bath. 2002. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet. Res.* 33: 509-529.
- Van Wyk, J.A., Bath, G.F. and Malan, F.S. 2002. The need for alternative methods to control nematode parasites of ruminant livestock in South Africa. Faculty of Veterinary Science. U. of Pretoria. <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/WAR/warall/W9980T/w9980e05.htm>
- Wanyangu, S.W., Mugambi. J.M., Bain, R.K., Duncan, J.L., Murray, M. and Stear, M.J. 1997. Response to artificial and subsequent natural infection with *Haemonchus contortus* in Red Maasai and Dorper ewes. *Veterinary Parasitology*. 69: 275-282.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Valores medios  $\pm$  error estándar de huevos por gramo de heces de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.00	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
2	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.00	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
3	580 $\pm$ 159	320 $\pm$ 134.00	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
4	587 $\pm$ 149	930 $\pm$ 249.91	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
5	673 $\pm$ 193	1,390 $\pm$ 268.93	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
6	860 $\pm$ 210	1,570 $\pm$ 283.88	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
7	1,293 $\pm$ 283	2,170 $\pm$ 256.49	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
8	2,193 $\pm$ 365	2,750 $\pm$ 196.78	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
9	3,460 $\pm$ 672	3,720 $\pm$ 364.48	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
10	5,000 $\pm$ 641	6,290 $\pm$ 544.15	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
11	7,800 $\pm$ 1,465	10,860 $\pm$ 2,056.60	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
12	7,420 $\pm$ 1,352	11,360 $\pm$ 1,699.69	0 $\pm$ 0.0	0 $\pm$ 0.0
13	6,980 $\pm$ 850	11,330 $\pm$ 1,476.94	120 $\pm$ 85	240 $\pm$ 113
14	7,300 $\pm$ 849	12,140 $\pm$ 1,598.14	100 $\pm$ 71	180 $\pm$ 85
15	7,627 $\pm$ 830	12,160 $\pm$ 1,710.70	280 $\pm$ 93	200 $\pm$ 87
16	8,073 $\pm$ 672	11,270 $\pm$ 1,433.03	240 $\pm$ 73	340 $\pm$ 104
17	7,380 $\pm$ 612	11,160 $\pm$ 1,381.88	280 $\pm$ 82	260 $\pm$ 70
18	7,247 $\pm$ 683	11,200 $\pm$ 1,246.06	200 $\pm$ 39	220 $\pm$ 65
19	7,627 $\pm$ 592	10,270 $\pm$ 1,128.33	140 $\pm$ 62	140 $\pm$ 48
20	7,500 $\pm$ 627	10,070 $\pm$ 954.76	0 $\pm$ 0.0	40 $\pm$ 28
Media	4,480 $\pm$ 560	6,548 $\pm$ 845.24	68 $\pm$ 25	81 $\pm$ 30

Anexo 2. Valores medios  $\pm$  error estándar de Hematocrito de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	41.9 $\pm$ 0.9	41.8 $\pm$ 1.0	41.5 $\pm$ 1.5	42.2 $\pm$ 1.5
2	38.6 $\pm$ 0.9	38.2 $\pm$ 1.0	38.3 $\pm$ 1.5	41.2 $\pm$ 1.5
3	36.6 $\pm$ 0.9	36.4 $\pm$ 1.0	39.0 $\pm$ 1.5	39.8 $\pm$ 1.5
4	37.8 $\pm$ 0.9	36.2 $\pm$ 1.0	38.3 $\pm$ 1.5	40.1 $\pm$ 1.5
5	39.4 $\pm$ 0.9	37.3 $\pm$ 1.0	38.5 $\pm$ 1.5	38.8 $\pm$ 1.5
6	40.3 $\pm$ 0.9	41.5 $\pm$ 1.0	43.3 $\pm$ 1.5	41.9 $\pm$ 1.5
7	39.1 $\pm$ 0.9	40.7 $\pm$ 1.0	41.8 $\pm$ 1.5	41.2 $\pm$ 1.5
8	39.3 $\pm$ 0.9	39.6 $\pm$ 1.0	40.3 $\pm$ 1.5	41.7 $\pm$ 1.5
9	36.5 $\pm$ 0.9	36.3 $\pm$ 1.0	40.2 $\pm$ 1.5	41.4 $\pm$ 1.5
10	33.6 $\pm$ 0.9	35.2 $\pm$ 1.0	39.0 $\pm$ 1.5	38.2 $\pm$ 1.5
11	33.5 $\pm$ 0.9	33.7 $\pm$ 1.0	36.8 $\pm$ 1.5	36.5 $\pm$ 1.5
12	33.0 $\pm$ 0.9	33.9 $\pm$ 1.0	41.0 $\pm$ 1.5	41.0 $\pm$ 1.5
13	33.4 $\pm$ 0.9	32.9 $\pm$ 1.0	38.7 $\pm$ 1.5	40.7 $\pm$ 1.5
14	33.2 $\pm$ 0.9	32.2 $\pm$ 1.0	40.2 $\pm$ 1.5	40.5 $\pm$ 1.5
15	32.5 $\pm$ 0.9	31.8 $\pm$ 1.0	39.7 $\pm$ 1.5	40.9 $\pm$ 1.5
16	32.2 $\pm$ 0.9	30.8 $\pm$ 1.0	38.6 $\pm$ 1.5	39.2 $\pm$ 1.5
17	32.6 $\pm$ 0.9	30.5 $\pm$ 1.0	38.7 $\pm$ 1.5	40.3 $\pm$ 1.5
18	31.7 $\pm$ 0.9	29.8 $\pm$ 1.0	39.9 $\pm$ 1.5	40.1 $\pm$ 1.5
19	30.8 $\pm$ 0.9	29.1 $\pm$ 1.0	39.1 $\pm$ 1.5	39.9 $\pm$ 1.5
20	31.4 $\pm$ 0.9	29.0 $\pm$ 1.0	39.9 $\pm$ 1.5	39.3 $\pm$ 1.5
Media	35.7 $\pm$ 0.4	35.4 $\pm$ 0.5	39.8 $\pm$ 0.7	40.5 $\pm$ 0.7

Anexo 3. Valores medios  $\pm$  error estándar de Hemoglobina de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	11.6 $\pm$ 0.2	11.8 $\pm$ 0.2	11.3 $\pm$ 0.3	11.3 $\pm$ 0.3
2	11.0 $\pm$ 0.2	10.9 $\pm$ 0.2	11.1 $\pm$ 0.3	11.5 $\pm$ 0.3
3	10.3 $\pm$ 0.2	10.4 $\pm$ 0.2	10.8 $\pm$ 0.3	11.0 $\pm$ 0.3
4	10.7 $\pm$ 0.2	10.4 $\pm$ 0.2	10.8 $\pm$ 0.3	11.5 $\pm$ 0.3
5	11.0 $\pm$ 0.2	10.4 $\pm$ 0.2	10.7 $\pm$ 0.3	10.8 $\pm$ 0.3
6	11.3 $\pm$ 0.2	11.6 $\pm$ 0.2	11.8 $\pm$ 0.3	11.9 $\pm$ 0.3
7	10.9 $\pm$ 0.2	11.4 $\pm$ 0.2	11.7 $\pm$ 0.3	11.4 $\pm$ 0.3
8	11.0 $\pm$ 0.2	10.1 $\pm$ 0.2	11.5 $\pm$ 0.3	11.9 $\pm$ 0.3
9	10.4 $\pm$ 0.2	10.4 $\pm$ 0.2	11.4 $\pm$ 0.3	11.6 $\pm$ 0.3
10	9.3 $\pm$ 0.2	9.8 $\pm$ 0.2	11.0 $\pm$ 0.3	10.7 $\pm$ 0.3
11	9.1 $\pm$ 0.2	9.1 $\pm$ 0.2	10.1 $\pm$ 0.3	9.9 $\pm$ 0.3
12	9.3 $\pm$ 0.2	9.4 $\pm$ 0.2	11.4 $\pm$ 0.3	11.2 $\pm$ 0.3
13	8.8 $\pm$ 0.2	8.7 $\pm$ 0.2	11.3 $\pm$ 0.3	11.8 $\pm$ 0.3
14	9.3 $\pm$ 0.2	9.0 $\pm$ 0.2	12.0 $\pm$ 0.3	11.9 $\pm$ 0.3
15	8.9 $\pm$ 0.2	8.7 $\pm$ 0.2	11.8 $\pm$ 0.3	12.1 $\pm$ 0.3
16	8.8 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.2	11.1 $\pm$ 0.3	11.6 $\pm$ 0.3
17	8.8 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.2	11.8 $\pm$ 0.3	11.6 $\pm$ 0.3
18	9.0 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.2	11.6 $\pm$ 0.3	11.6 $\pm$ 0.3
19	8.9 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.2	10.7 $\pm$ 0.3	11.5 $\pm$ 0.3
20	8.9 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.2	10.6 $\pm$ 0.3	10.9 $\pm$ 0.3
Media	9.9 $\pm$ 0.2	9.9 $\pm$ 0.2	11.2 $\pm$ 0.3	11.4 $\pm$ 0.3

Anexo 4. Valores medios  $\pm$  error estándar de color de la mucosa ocular de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	1.2 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2
2	1.5 $\pm$ 0.1	1.7 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2
3	1.6 $\pm$ 0.1	1.6 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2
4	2.1 $\pm$ 0.1	2.1 $\pm$ 0.1	1.1 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.2
5	1.6 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.2	1.6 $\pm$ 0.2
6	1.7 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2
7	1.7 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.2
8	2.0 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.2
9	2.1 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	1.9 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.2
10	2.1 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.2
11	2.2 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.2
12	2.1 $\pm$ 0.1	2.2 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.2
13	2.5 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2
14	2.4 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.2
15	2.6 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.2
16	2.6 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.2
17	2.5 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.2
18	2.7 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.2
19	3.0 $\pm$ 0.1	3.2 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.2
20	2.8 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2
Media	2.1 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.1

Anexo 5. Valores medios  $\pm$  error estándar de cuantificación de eosinófilos sanguíneos de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	205.8 $\pm$ 49.8	100.1 $\pm$ 61.0	112.0 $\pm$ 86.3	146.2 $\pm$ 86.3
2	253.6 $\pm$ 49.8	65.6 $\pm$ 61.0	238.4 $\pm$ 86.3	79.6 $\pm$ 86.3
3	239.5 $\pm$ 49.8	132.9 $\pm$ 61.0	212.6 $\pm$ 86.3	165.7 $\pm$ 86.3
4	277.1 $\pm$ 49.8	206.3 $\pm$ 61.0	98.4 $\pm$ 86.3	123.0 $\pm$ 86.3
5	371.5 $\pm$ 49.8	171.1 $\pm$ 61.0	134.8 $\pm$ 86.3	78.8 $\pm$ 86.3
6	506.4 $\pm$ 49.8	271.9 $\pm$ 61.0	240.3 $\pm$ 86.3	168.8 $\pm$ 86.3
7	409.9 $\pm$ 49.8	245.9 $\pm$ 61.0	111.8 $\pm$ 86.3	120.8 $\pm$ 86.3
8	374.1 $\pm$ 49.8	195.2 $\pm$ 61.0	58.2 $\pm$ 86.3	147.4 $\pm$ 86.3
9	344.0 $\pm$ 49.8	192.4 $\pm$ 61.0	119.6 $\pm$ 86.3	153.4 $\pm$ 86.3
10	456.6 $\pm$ 49.8	206.3 $\pm$ 61.0	116.4 $\pm$ 86.3	164.2 $\pm$ 86.3
11	406.1 $\pm$ 49.8	219.1 $\pm$ 61.0	85.0 $\pm$ 86.3	115.0 $\pm$ 86.3
12	456.5 $\pm$ 49.8	345.6 $\pm$ 61.0	94.9 $\pm$ 86.3	53.6 $\pm$ 86.3
13	442.7 $\pm$ 49.8	238.6 $\pm$ 61.0	114.4 $\pm$ 86.3	69.2 $\pm$ 86.3
14	554.6 $\pm$ 49.8	502.6 $\pm$ 61.0	100.2 $\pm$ 86.3	69.0 $\pm$ 86.3
15	606.2 $\pm$ 49.8	354.6 $\pm$ 61.0	72.2 $\pm$ 86.3	69.0 $\pm$ 86.3
16	746.2 $\pm$ 49.8	462.3 $\pm$ 61.0	140.0 $\pm$ 86.3	39.2 $\pm$ 86.3
17	910.3 $\pm$ 49.8	526.9 $\pm$ 61.0	144.6 $\pm$ 86.3	76.6 $\pm$ 86.3
18	796.9 $\pm$ 49.8	536.7 $\pm$ 61.0	119.0 $\pm$ 86.3	75.4 $\pm$ 86.3
19	884.9 $\pm$ 49.8	493.7 $\pm$ 61.0	121.0 $\pm$ 86.3	75.4 $\pm$ 86.3
20	859.1 $\pm$ 49.8	529.7 $\pm$ 61.0	100.0 $\pm$ 86.3	73 $\pm$ 86.3
Media	494.1 $\pm$ 13.8	293.8 $\pm$ 16.9	127.1 $\pm$ 23.9	107.1 $\pm$ 23.9

Anexo 6. Valores medios  $\pm$  error estándar del peso corporal de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	24.9 $\pm$ 1.1	48.3 $\pm$ 1.3	27.4 $\pm$ 1.8	43.5 $\pm$ 1.8
2	25.8 $\pm$ 1.1	50.1 $\pm$ 1.3	28.4 $\pm$ 1.8	44.7 $\pm$ 1.8
3	27.7 $\pm$ 1.1	52.4 $\pm$ 1.3	32.2 $\pm$ 1.8	47.6 $\pm$ 1.8
4	27.8 $\pm$ 1.1	51.4 $\pm$ 1.3	33.3 $\pm$ 1.8	48.4 $\pm$ 1.8
5	28.9 $\pm$ 1.1	52.6 $\pm$ 1.3	34.2 $\pm$ 1.8	50.1 $\pm$ 1.8
6	29.8 $\pm$ 1.1	53.5 $\pm$ 1.3	35.5 $\pm$ 1.8	51.5 $\pm$ 1.8
7	31.1 $\pm$ 1.1	55.2 $\pm$ 1.3	36.5 $\pm$ 1.8	53.1 $\pm$ 1.8
8	32.3 $\pm$ 1.1	56.6 $\pm$ 1.3	37.5 $\pm$ 1.8	54.7 $\pm$ 1.8
9	31.2 $\pm$ 1.1	53.6 $\pm$ 1.3	38.7 $\pm$ 1.8	56.3 $\pm$ 1.8
10	31.6 $\pm$ 1.1	54.0 $\pm$ 1.3	39.9 $\pm$ 1.8	57.6 $\pm$ 1.8
11	32.9 $\pm$ 1.1	56.2 $\pm$ 1.3	41.6 $\pm$ 1.8	59.3 $\pm$ 1.8
12	33.5 $\pm$ 1.1	56.5 $\pm$ 1.3	42.7 $\pm$ 1.8	60.8 $\pm$ 1.8
13	34.4 $\pm$ 1.1	56.7 $\pm$ 1.3	43.5 $\pm$ 1.8	62.3 $\pm$ 1.8
14	35.3 $\pm$ 1.1	56.3 $\pm$ 1.3	44.5 $\pm$ 1.8	63.4 $\pm$ 1.8
15	36.0 $\pm$ 1.1	56.5 $\pm$ 1.3	45.5 $\pm$ 1.8	64.7 $\pm$ 1.8
16	36.9 $\pm$ 1.1	56.9 $\pm$ 1.3	46.6 $\pm$ 1.8	66.3 $\pm$ 1.8
17	37.8 $\pm$ 1.1	57.5 $\pm$ 1.3	48.1 $\pm$ 1.8	67.9 $\pm$ 1.8
18	38.8 $\pm$ 1.1	58.4 $\pm$ 1.3	49.2 $\pm$ 1.8	69.4 $\pm$ 1.8
19	39.9 $\pm$ 1.1	58.7 $\pm$ 1.3	50.1 $\pm$ 1.8	70.8 $\pm$ 1.8
20	40.9 $\pm$ 1.1	58.8 $\pm$ 1.3	51.4 $\pm$ 1.8	72.5 $\pm$ 1.8
Media	32.4 $\pm$ 0.9	54.5 $\pm$ 1.6	39.6 $\pm$ 1.6	57.4 $\pm$ 1.6

Anexo 7. Valores medios  $\pm$  error estándar de ganancia diaria de peso de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	333.3 $\pm$ 42.4	401.6 $\pm$ 52.0	257.2 $\pm$ 73.6	314.2 $\pm$ 73.6
2	276.2 $\pm$ 42.4	260.1 $\pm$ 52.0	142.8 $\pm$ 73.6	171.2 $\pm$ 73.6
3	133.3 $\pm$ 42.4	304.4 $\pm$ 52.0	542.6 $\pm$ 73.6	408.4 $\pm$ 73.6
4	21.9 $\pm$ 42.4	125.7 $\pm$ 52.0	154.2 $\pm$ 73.6	63.0 $\pm$ 73.6
5	182.8 $\pm$ 42.4	168.6 $\pm$ 52.0	125.6 $\pm$ 73.6	299.8 $\pm$ 73.6
6	125.6 $\pm$ 42.4	128.6 $\pm$ 52.0	151.4 $\pm$ 73.6	194.4 $\pm$ 73.6
7	217.2 $\pm$ 42.4	250.0 $\pm$ 52.0	168.4 $\pm$ 73.6	237.2 $\pm$ 73.6
8	161.9 $\pm$ 42.4	193.1 $\pm$ 52.0	162.8 $\pm$ 73.6	220.0 $\pm$ 73.6
9	-147.6 $\pm$ 42.4	-42.9 $\pm$ 52.0	171.2 $\pm$ 73.6	231.4 $\pm$ 73.6
10	59.1 $\pm$ 42.4	57.1 $\pm$ 52.0	337.0 $\pm$ 73.6	188.6 $\pm$ 73.6
11	179.0 $\pm$ 42.4	314.2 $\pm$ 52.0	231.4 $\pm$ 73.6	294.2 $\pm$ 73.6
12	81.1 $\pm$ 42.4	-14.3 $\pm$ 52.0	162.6 $\pm$ 73.6	197.2 $\pm$ 73.6
13	128.3 $\pm$ 42.4	40.1 $\pm$ 52.0	177.0 $\pm$ 73.6	237.2 $\pm$ 73.6
14	135.1 $\pm$ 42.4	-64.0 $\pm$ 52.0	154.4 $\pm$ 73.6	274.2 $\pm$ 73.6
15	99.0 $\pm$ 42.4	34.3 $\pm$ 52.0	114.2 $\pm$ 73.6	254.0 $\pm$ 73.6
16	122.0 $\pm$ 42.4	43.1 $\pm$ 52.0	134.0 $\pm$ 73.6	356.0 $\pm$ 73.6
17	140.9 $\pm$ 42.4	75.3 $\pm$ 52.0	185.8 $\pm$ 73.6	257.2 $\pm$ 73.6
18	136.0 $\pm$ 42.4	88.5 $\pm$ 52.0	207.4 $\pm$ 73.6	262.0 $\pm$ 73.6
19	152.5 $\pm$ 42.4	95.8 $\pm$ 52.0	218.8 $\pm$ 73.6	265.8 $\pm$ 73.6
20	149.5 $\pm$ 42.4	14.2 $\pm$ 52.0	208.4 $\pm$ 73.6	273.4 $\pm$ 73.6
Media	134.4 $\pm$ 8.5	91.7 $\pm$ 10.4	200.1 $\pm$ 14.6	250.0 $\pm$ 14.7

Anexo 8. Valores medios  $\pm$  error estándar de la condición corporal de cada grupo tratado y por semana.

Semana	Criollo con inoculo (n=15)	Suffolk con inoculo (n=10)	Criollo sin inoculo (n=5)	Suffolk sin inoculo (n=5)
1	2.8 $\pm$ 0.1	4.2 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1
2	2.6 $\pm$ 0.1	4.0 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1
3	3.1 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1
4	2.6 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1
5	2.8 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1
6	2.7 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1
7	2.4 $\pm$ 0.1	3.2 $\pm$ 0.1	3.0 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1
8	2.8 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1
9	2.8 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1
10	2.9 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1	3.2 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1
11	3.0 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1
12	3.2 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1
13	3.4 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1	4.0 $\pm$ 0.1
14	3.3 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1
15	3.2 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1
16	3.4 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1
17	3.1 $\pm$ 0.1	3.2 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1
18	3.1 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1
19	3.1 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.1
20	2.9 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1	4.4 $\pm$ 0.1
Media	3.0 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1

Anexo 9. Medias de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar de las características en corderos Criollo y Suffolk.

Característica	Criollo	Suffolk
Huevos por gramo de heces	3,216.2 $\pm$ 536.1 a	4,982.9 $\pm$ 943.6 b
Hemoglobina	10.27 $\pm$ 0.25 a	10.42 $\pm$ 0.32 a
Hematocrito	36.72 $\pm$ 0.87 a	37.07 $\pm$ 1.09 a
Conteo de eosinófilos	393.12 $\pm$ 59.99 a	231.57 $\pm$ 53.16 b
Peso Corporal	34.24 $\pm$ 1.24 a	55.74 $\pm$ 1.45 b
Ganancia diaria de peso	0.142 $\pm$ 0.025 a	0.133 $\pm$ 0.050 a
Condición corporal	3.11 $\pm$ 0.02a	3.69 $\pm$ 0.03 b
Color de la mucosa ocular	1.90 $\pm$ 0.12 a	1.96 $\pm$ 0.16 b

Medias con distinta literal son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Anexo 10. Medias de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar de las características estudiadas por efecto de la inoculación.

Característica	Con inoculo	Sin inóculo
Huevo por gramo de heces	5,055 $\pm$ 460 a	70.9 $\pm$ 26 b
Hemoglobina	9.9 $\pm$ 0.2 a	11.3 $\pm$ 0.2 b
Hematocrito	33.6 $\pm$ 0.7 a	40.2 $\pm$ 0.7 b
Conteo de eosinófilos	406.6 $\pm$ 46 a	117.1 $\pm$ 38.7 b
Peso corporal	41.3 $\pm$ 2.4 a	48.9 $\pm$ 3.3 b
Ganancia diaria de peso	110 $\pm$ 31 a	209 $\pm$ 30 b
Condición corporal	3.2 $\pm$ 0.1 a	3.5 $\pm$ 0.1 b
Color de la mucosa ocular	2.2 $\pm$ 0.1 a	1.3 $\pm$ 0.1 b

Medias con distinta literal son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).