



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE OBSERVACIÓN DEL
COLOR DE LA MUCOSA OCULAR FAMACHA® EN OVINOS
BLACKBELLY Y COLUMBIA CON INFECCIÓN ARTIFICIAL DE
HAEMONCHUS CONTORTUS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

SANDRA PÉREZ BLANCO

**ASESOR: M EN C JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
COASESOR: DR. FERNANDO ALBA HURTADO**

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2006



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Validación del método de observación del color de la mucosa ocular FAMACHA en
ovinos Blackbelly y Columbia con infección artificial de Haemonchus contortus.

que presenta la pasante: Sandra Pérez Blanco.
con número de cuenta 09955286-0 para obtener el título de:
Médica Veterinaria Zootecnista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de Diciembre de 2005

PRESIDENTE	<u>Dr. Guillermo T Oviedo Fernández</u>	<u>G Oviedo F.</u>
VOCAL	<u>M.C. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz.</u>	<u>J. Cuéllar</u>
SECRETARIO	<u>M.V.Z Gloria Josefina Ortiz Gasca</u>	<u>G. Ortiz Gasca</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>M.V.Z. Ma. Guadalupe Mondragón Olivera.</u>	<u>M. Mondragón</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.V.Z. Ana Leonor Reyes Sánchez</u>	<u>A. Reyes</u>

Agradecimientos

A mi familia, a mi padre, a mi abuelita, a mi hermano, y en especial a mi madre, ya que con su ejemplo aprendí a luchar por mis metas, por muy grandes que fueran los obstáculos.

A mi asesor, por compartir sus conocimientos conmigo y ayudarme a materializar mis ideas y teorías.

A mi coasesor, por su apoyo en la elaboración experimental de esta tesis.

A todos mis maestros, amigos y compañeros, ya que cada uno puso algo en mi formación profesional.

Muchas gracias!

Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	4
Objetivos.....	22
Material y métodos.....	23
Resultados.....	26
Discusión.....	36
Conclusiones.....	43
Bibliografía.....	44

Resumen

El presente trabajo tuvo la finalidad de evaluar el sistema FAMACHA en ovinos de las razas Columbia (C) y Blackbelly (BB) que fueron infectados en forma artificial con *Haemonchus contortus* y se estudiaron la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh), el volumen del paquete celular (VPC), el índice FAMACHA y las correlaciones entre esas variables. Se utilizaron 30 corderos libres de nematodos entre 6 y 8 meses de edad, 15 BB y 15 C, estos se mantuvieron en estabulación total. Se dividieron en dos grupos: el primero con 20 animales (diez de cada raza) que fueron inoculados con 1,000 larvas 3 (L₃) de *H. contortus* una vez a la semana durante las primeras 6 semanas (C-I y BB-I) y el segundo con diez animales (cinco de cada raza) que no estuvieron parasitados y constituyeron el grupo testigo (C-T y BB-T). Se realizaron muestreos de heces en forma semanal a partir de la segunda semana después de la primer inoculación (dpi) para monitorear la dinámica de eliminación de huevos durante las siguientes 14 semanas dpi. También se colectaron muestras de sangre y se comparó la coloración de mucosa ocular empleando el sistema FAMACHA en ambos grupos. A las muestras de materia fecal se les realizaron pruebas coproparasitológicas mediante la técnica modificada de Mc Master para determinar el número de huevos por gramo de heces (hgh). La determinación del porcentaje del volumen del paquete celular (VPC) se efectuó por la técnica de microhematocrito. Para el análisis de los datos del número de huevos las cifras fueron transformadas a logaritmo 10 para estabilizar su varianza. Los datos de las variables fueron procesados por análisis de varianza.

El periodo de prepatencia promedio fue de 21 días para los ovinos C-I y BB-I. En los animales de las dos razas del grupo testigo (C-T y BB-T) no hubo eliminación de huevos. El promedio total de eliminación fue de 1,502 huevos por gramo de heces (hgh) para los ovinos C-I y de 501.7 hgh para los BB-I ($P < 0.05$). En todos los muestreos existió una mayor ($P < 0.05$) eliminación de hgh en los C-I, siendo la diferencia más marcada durante los días 63, 70, 77 y 98 posinoculación con más

de 2,000 hgh. Estadísticamente fue posible ubicar dos subgrupos diferentes ($P < 0.05$) en los animales BB-I, uno con una mínima eliminación de huevos que fue considerado como resistente BB-I-r y otro con una elevada eliminación de huevos que fue el subgrupo susceptible BB-I-s, por su parte todos los animales C-I fueron susceptibles. Existieron similitudes estadísticas ($P > 0.05$) entre los animales C-I y BB-I-s. El porcentaje del VPC tuvo un comportamiento muy distinto en los animales de las dos razas evaluadas. Los animales C-I presentaron un descenso marcado en comparación a los corderos de esa raza que no fueron infectados (C-T), esa diferencia fue más notoria entre los 35 días dpi hasta la última evaluación (98 días dpi), siendo en este momento del 9%. Por su parte, los ovinos Blackbelly, tanto los no infectados como los parasitados (BB-I-r y BB-I-s) tuvieron un comportamiento bastante similar a través de todo el periodo de evaluación. Cuando se compararon los animales infectados de ambas razas se encontraron importantes diferencias entre ellos ($P < 0.05$), disminuyendo notablemente los valores del VPC en los corderos C, particularmente del día 49 al 98 dpi. No obstante que ocurrió esa diferencia en los valores del VPC, tanto de los animales C-T como los C-I, siempre se mantuvieron por encima del valor promedio normal, por lo tanto, los ovinos C-I padecieron más severamente la parasitosis en contraposición a los corderos BB, tanto resistentes (BB-I-r) como susceptibles (BB-I-s), lo que denota una mayor susceptibilidad al nematodo. En lo que se refiere a la coloración de la mucosa conjuntival como sugestivo de anemia, basándose en la escala del sistema FAMACHA, los animales de la raza C-I se observó una disminución de la coloración de la mucosa conjuntival (incremento en el índice FAMACHA), siendo menos notorio eso en los corderos BB-I. No se encontraron animales que tuvieran índices superiores a 3, posiblemente debido al buen estado nutricional en que se mantuvieron. Es conocido que una nutrición adecuada, particularmente en lo referente a la proteína y energía, favorecen una menor expresión de los signos clínicos de hemoncosis. Para cada una de las razas evaluadas ocurrieron situaciones diferentes, para los ovinos C-I, que si estuvieron fuertemente parasitados y su efecto (medido por los valores del VPC e índice FAMACHA) fue notorio, estuvieron en un estado de resiliencia (capacidad del hospedador de soportar una carga parasitaria sin afectar sus niveles de

producción), por su parte, los corderos BB-I, que a pesar de que recibieron igual número de parásitos, eliminaron menos huevos y sus parámetros sanguíneos y coloración de la mucosa conjuntival fueron similares a los animales no parasitados, son considerados resistentes a la infección parasitaria por *H. contortus*. Los coeficientes de correlación entre los parámetros de interés para el presente trabajo (eliminación de huevos, PVC e Índice FAMACHA), fueron muy variables y muy pocos fueron significativos.

Se concluye que existieron diferencias marcadas en la eliminación de huevos de *H. contortus* en ovinos C-I y BB-I, los de la raza BB tuvieron menores eliminaciones de huevos, sin embargo, estadísticamente se encontraron dos subgrupos, uno con menor eliminación de huevos (BB-I-r) y otro con cifras similares a los C-I (BB-I-s). El VPC y los índices del sistema FAMACHA tuvieron un comportamiento muy distinto en los animales de las dos razas evaluadas, siendo los ovinos C-I los que padecieron más severamente la parasitosis en contraposición a los corderos BB, tanto resistentes (BB-I-r) como susceptibles (BB-I-s), lo que denota una mayor susceptibilidad al nematodo. Finalmente, las correlaciones entre los parámetros evaluados en el presente trabajo no fueron significativas, posiblemente como consecuencia del buen estado nutricional en que se encontraban los animales.

Introducción.

La nematodiasis gastroentérica es una enfermedad parasitaria de los ovinos que repercute negativamente en la eficiencia biológica y económica de los rebaños ovinos, produciendo retraso en el crecimiento, desnutrición, baja conversión alimenticia, baja producción de leche, diarrea, anemia, edema submandibular, pérdida de apetito, bajos índices de fertilidad y en algunos casos muertes en animales jóvenes (Soulsby, 1988; Quiroz, 1989; Navarre y Pugh, 2002).

Por su alta virulencia y su amplia distribución el *Haemonchus contortus* es considerado el nematodo más importante en México (Quiroz, 1989).

El *H. contortus* sobrevive a las condiciones ambientales adversas (tiempo frío o cálido, falta de humedad), aunque detiene su desarrollo momentáneamente en el hospedador (hipobiosis), reanuda su actividad cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de las fases libres, las cuales, llegan a la madurez sexual y así aseguran para sus huevos, un ambiente propicio para alcanzar el estado infectante. Por otro lado, se sabe que durante la época de partos la hembra de *H. contortus* es mucho más prolífica, lo que determina que un número mayor de huevos sea depositado en el pasto, además de que las ovejas mientras más se acercan al parto, se vuelven mucho más susceptibles a la reinfección. A este aumento en el número de huevos en las heces se le denomina *alza posparto* (Soulsby, 1988; Fraser y Stamp, 1989).

Existen varios factores que favorecen el parasitismo: la edad, los animales jóvenes o muy viejos son más susceptibles al parasitismo ya que los adultos presentan cierto grado de inmunidad que limita las reinfecciones; su estado fisiológico (hembras gestantes y lactantes son más susceptibles) y de salud (animales con enfermedades crónicas o cualquiera que debilite la resistencia de los ovinos), la calidad del alimento debe considerarse ya que los animales desnutridos y mal

nutridos son más susceptibles; los factores genéticos y el sobrepastoreo también influyen en el parasitismo (Trancy, 1989).

El ciclo biológico de *H. contortus* es directo, los animales excretan huevos en sus heces (de 5,000 a 10,000 al día). Si las condiciones son adecuadas en el interior del huevo se desarrollan las larvas 1 (L₁), que eclosionan en la masa fecal, mudan dos veces pasando a larvas 2 (L₂) y a larvas 3 (L₃), que ya son infectantes, estas últimas retienen la cutícula de la fase anterior y emigran a la hierba (si hay suficiente intensidad de luz y humedad) donde permanecen hasta ser ingeridas por un hospedador (Meana y Rojo, 1999).

La infección de los animales se realiza por la ingestión de L₃ con la hierba; aproximadamente a los 30 minutos de la ingestión las larvas pierden la vaina en el aparato digestivo del animal, por efecto de diversos estímulos del hospedador, las larvas desvainadas penetran en distintas zonas dentro de la mucosa digestiva, preferentemente en la mucosa fúndica abomasal, penetrando entre las glándulas epiteliales gástricas. Una vez en la mucosa, las larvas mudan otra vez y pasan a L₄ en el interior de las glándulas fúndicas. Después de la última muda se transforman a L₅ o preadultos que maduran sexualmente y pasan a adultos, que se encuentran en la luz abomasal; tras la cópula, las hembras comienzan a poner huevos, cerrándose el ciclo (Soulsby, 1988; Meana, y Rojo, 1999, Urquhart y col, 2001).

Las larvas en el abomaso producen una disminución en la producción de ácido clorhídrico, que facilita el aumento del pH gástrico y por ende aumento del pepsinógeno sanguíneo por una disminución en la transformación de pepsinógeno en pepsina en abomaso y, en consecuencia, una mala digestión de proteínas (Meana, y Rojo, 1999) Los adultos son hematófagos, ingieren hasta 0.05 ml de sangre por parásito adulto al día, lo que provoca, diferentes grados de anemia, hipoproteinemia, hipoalbuminemia y ocasionalmente la muerte cuando se presentan cargas masivas (Soulsby, 1988).

Los signos clínicos pueden dividirse en tres síndromes: hiperagudo, agudo y crónico (Soulsby, 1988):

La hemoncosis hiperaguda no es común pero puede darse en animales susceptibles expuestos a una infección masiva repentina. El gran número de parásitos provoca el rápido desarrollo de anemia, heces de color oscuro, gastritis hemorrágica intensa y muerte súbita, debido a una pérdida aguda de sangre.

La hemoncosis aguda se presenta en animales jóvenes susceptibles con infecciones intensas. La anemia puede desarrollarse rápidamente, pero se produce una respuesta eritropoyética de la médula ósea. La anemia se acompaña de hipoproteinemia y edema, también puede ocasionar la muerte. Las cantidades de huevos por gramo de heces (hgh) suele ser alta (más de 100,000 hgh) el cadáver muestra edema generalizado y palidez extrema, se pueden encontrar de 1,000 a 10,000 parásitos en el abomaso.

La hemoncosis crónica es muy común y de considerable importancia económica, se produce por la infección crónica con un número notablemente bajo de parásitos (100-1,000), la morbilidad es del 100% pero la mortalidad es baja. Los animales afectados están débiles, con signos de agotamiento y emaciación. La anemia y la hipoproteinemia pueden ser graves, dependiendo de la capacidad eritropoyética del animal, sus reservas de hierro y las reservas metabólicas nutricionales del hospedador. La cantidad de huevos puede ser en ocasiones menor de 2,000 hgh.

En el examen postmortem se observa gastritis hiperplásica y alteraciones crónicas de la medula ósea. Las membranas mucosas y piel están pálidas, la sangre tiene un aspecto acuoso, con frecuencia hay hidrotórax, fluido en el pericardio y ascitis, contenido gástrico de color pardo rojizo, así como caquexia. La mucosa abomasal aparece hinchada y cubierta de marcas rojizas (petequias, edemas y erosiones) producto de las lesiones ocasionadas por los parásitos, en ocasiones se observan úlceras superficiales de bordes irregulares en las que se encuentran fijados por su extremo anterior gran número de gusanos y se pueden

encontrar parásitos que se mueven activamente si el cadáver se encuentra todavía caliente (Soulsby, 1988; Meana, y Rojo, 1999).

El recuento total de vermes constituye una medida del grado de infección: cifras menores a 2,000 parásitos adultos se pueden considerar infecciones ligeras, más de 10,000 intensas y a partir de 50,000 infecciones masivas. (Meana, y Rojo, 1999).

En México al igual que en otras partes del mundo, el control se basa casi exclusivamente en la administración de antihelmínticos.

Uno de los problemas que se han generado por el uso masivo e indiscriminado de los antihelmínticos, es la resistencia hacia los mismos, situación que es un problema de grandes dimensiones en aquellos países donde la producción ovina es una de las principales actividades económicas. Se han reportado casos de resistencia a antihelmínticos en Australia, Nueva Zelanda, Gran Bretaña, Dinamarca, Holanda, Brasil, Argentina, Uruguay, Paraguay y Kenia. (Prichard y col., 1980; Edwards y col., 1986; Hong y col., 1996; Waller y col., 1996; Chartier y col., 1998; Van Wyk y col., 1999; López y Cuandón, 2004).

Una compilación de los datos de resistencia a antihelmínticos en México se muestra en el siguiente cuadro:

Lugar	Antihelmíntico,	Género de NGE	Autor (año)
Hueytamalco, Puebla	ABZ, FEN, OXF, FEB.	<i>Haemonchus</i>	Campos y col. (1992)
Tizimin, Yucatán	ABZ, FEN, OXF, FEB	<i>Haemonchus</i>	Campos y col. (1992)
Tlapacoyan, Veracruz	SO-ABZ	<i>Haemonchus</i>	Figueroa y col. (2000)
Este de Yucatán	ABZ	<i>Haemonchus</i>	Torres y col. (2003a)
Centro y sur de Yucatán	FEN, IVM	<i>Haemonchus</i> y <i>Trichostrongylus</i>	Torres y col. (2003b)
Tlaxcala	IVM	<i>Haemonchus</i>	Montalvo y col. (2003)

Tabasco	NET, IVM	<i>Haemonchus, Ostertagia y Oesophagostomum</i>	González y col. (2003)
Tierra Blanca, Veracruz	ABZ, IVM	<i>Haemonchus</i>	Cuéllar (2003)
Altamira, Tamaulipas	IVM	<i>Haemonchus</i>	Cuéllar (2003)
Campeche, Campeche	ABZ, So-ABZ, IVM	<i>Haemonchus</i>	Cuéllar (2003)
Estado de México	ABZ, So-ABZ, IVM	<i>Haemonchus</i>	López y Cuandón (2004)

ABZ= Albendazol, FEN= Fenbendazol, OXF= Oxfendazol, FEB= Febantel, SO-ABZ= Sulfóxido de albendazol, NET= Netobimín.

Se ha sugerido que la principal razón por la que no se ha podido controlar la resistencia a los antihelmínticos es la población de parásitos en *refugio* que se debe considerar en los programas de control parasitario (Van Wyk y col., 2001).

Refugio es un término que indica la proporción de la población de un parásito determinado que escapa a la exposición de algún principio activo usado para el control parasitario, por ejemplo, las fases de vida libre en las pasturas de los helmintos cuando los animales son desparasitados. En otras palabras la pastura constituye un refugio para las poblaciones parasitarias cuando los animales son desparasitados (Van Wyk, 2003).

De acuerdo al modelo matemático, la proporción de parásitos en refugio tiene un efecto profundo en la presión de selección para la resistencia parasitaria. Si todos los animales de un grupo son desparasitados simultáneamente con dosis correctas de un principio activo altamente eficaz (por ejemplo, eliminando parásitos susceptibles- ss) y después son inmediatamente colocados en una pastura con muy pocos o sin parásitos en refugio presentes, sin duda los únicos parásitos que sobrevivirán el tratamiento son aquellos resistentes a la droga (homocigotos rr y/o heterocigotos sr) por lo tanto, hay pocos o no hay parásitos susceptibles en la pastura que puedan aparearse con los adultos resistentes que eliminaron los animales en la pastura, esto hace que la siguiente y subsecuentes generaciones estén inclinadas a ser heterocigotos o hasta homocigotos para ser resistentes. Si el tratamiento es repetido, las oportunidades de una resistencia se multiplican. Esto aplica para resistencia de un sólo gen y resistencia de múltiples

genes. Además mientras más pequeño sea el número de parásitos en el refugio y más eficaz el compuesto, más grande será el efecto en la selección de resistencia a antihelmínticos; y mayor será la proporción de homocigotos resistentes (rr) que se desarrollarán y más difícil será matar los gusanos con ese compuesto (Van Wyk, 2003).

Entre las estrategias de control parasitario que no dependen del empleo de sustancias químicas están:

1. El desarrollo de vacunas específicas contra nematodos gastroentéricos que estimulan una respuesta inmune considerable (Newton y Munn, 1999; Smith, 1999; Domínguez y col., 2000, Kassai, 2002). Aunque actualmente no se disponen de vacunas comerciales.
2. La suplementación alimenticia, especialmente de nitrógeno proteico (Wallace y col., 1998; Fox, 1997; Datta y col., 1998; Kassai, 2002) o no proteico (Knox y Steel, 1999), donde se puede producir una disminución en la severidad de la parasitosis por *H. contortus*, así como un incremento en el desarrollo de la inmunidad contra el parásito, resistencia a posteriores infecciones y mejores niveles de producción en los animales (Datta y col., 1999, Kassai, 2002). Además de las proteínas, los macrominerales (fósforo) y elementos traza (cobre, molibdeno, etcétera) pueden incrementar la resistencia frente a las reinfecciones (Kassai, 2002).
3. El uso de depredadores naturales de las larvas exógenas de los nematodos parásitos. Han sido empleados exitosamente distintos tipos de hongos (como el *Arthrobotrys oligospora* y el *Duddingtonia flagrans*) apatógenos para el hospedador pero nocivos para las larvas de nematodos parásitos (Mendoza y col., 1998; Mendoza y col., 1999; Gómes y col., 1999; Torres y Ortega, 2001; Kassai, 2002).

4. Efectuar modificaciones en el sistema de pastoreo, como el pastoreo mixto o alternado con novillos que disminuyen la parasitosis ovina al encontrar en los novillos un hospedador poco propicio para su desarrollo (Amarante y col., 1997).
5. La estabulación permanente o durante la noche, proporcionando alimento en el corral se han vuelto procedimientos habituales en los trópicos y subtropicos (Kassai, 2002). En México en el estado de Veracruz, Chávez y Fernández (2003) evaluaron la eliminación de huevos de nemátodos gastroentéricos y oocistas de *Eimeria sp.* en corderos comparando dos sistemas de manejo, pastoreo y confinamiento; concluyen que si los corderos son mantenidos en confinamiento disminuyen las posibilidades de adquisición de los NGE logrando una mejor ganancia de peso
6. Cría selectiva de animales, la distribución de los parásitos en sus hospedadores naturales se caracteriza por que una población relativamente pequeña de hospedadores alberga una proporción relativamente grande de la población de parásitos (distribución binomial negativa). Por esto, el empleo de genotipos resistentes (individuos capaces de responder, impedir el asentamiento y/o el posterior desarrollo de los parásitos) o resilientes (aquellos capaces de desarrollarse a pesar de la infección) se ha tratado de implementar para ayudar al control parasitario (Kassai, 2002).
7. El desarrollo del sistema denominado FAMACHA que es la identificación clínica del desarrollo de anemia, comparando la coloración de la mucosa ocular con la tarjeta FAMACHA, enfocado al control de infestaciones por *H. contortus* en ovejas y cabras. A través de esta metodología se identifican los animales que necesitan tratamiento y sólo esos se desparasitarán, reduciendo la presión de selección sobre los parásitos (Van Wyk y col., 2001)

El problema a la fecha ha sido la falta de métodos prácticos y baratos que puedan ser aplicados en los rebaños para identificar a los animales que no pueden tolerar la carga parasitaria, más que dejar una proporción sin tratamiento, meramente al azar. El tratamiento al azar de una población fija de un rebaño, inevitablemente conducirá a tratamientos innecesarios de muchos individuos que no lo requieren mientras que se dejan sin tratamiento algunos animales que lo requieren urgentemente (Van Wyk y Bath, 2002). En ese sentido, se ha sugerido el uso de la desparasitación selectiva, tratando solamente a una proporción del rebaño, dejando muchos animales sin tratamiento en los cuales los nematodos no resistentes sobreviven y se propagan, lo cual es una forma de mantener un reservorio de larvas susceptibles en el refugio y de esta manera retrasar el desarrollo de cepas resistentes a antihelmínticos (Van Wyk y Bath, 2002; Vatta y col., 2001).

Existe una forma de evaluar un animal/rebaño por medio de informaciones que correlacionan datos clínicos y de laboratorio, Malan y col. (1992) citados por Malan y col. (2001) observaron una correlación entre la coloración de la conjuntiva ocular, el valor de PVC y la incidencia del *H. contortus*. Van Wyk y col. (1997) citados por Malan y col. (2001) asociaron los valores de PVC con diferentes coloraciones de la conjuntiva ocular.

A principios de los noventa en Sudáfrica se investigó si era posible conocer el grado de anemia clínica causado por la infección con los nematodos por la clasificación del color de la mucosa de las membranas oculares (Malan y Van Wyk, 1992 citado por Bath y col., 2001; Malan y col., 2001). Para tal fin se evaluaron de forma subjetiva las variaciones de color, sin estándares de color, cuando se obtuvieron los resultados, se desarrolló una carta de colores, en la cual podían compararse los colores de las membranas de la mucosa ocular del animal (Bath y col., 1996 citado por Bath y col., 2001).

Estas coloraciones fueron preestablecidas con auxilio de la computación gráfica, representando cinco grados de anemia, incluyendo pequeñas variaciones para cada grado. Estos autores también comprobaron que los diferentes grados de anemia presentaron una correlación de 0.8 con un grado de confiabilidad superior a 95% para las infecciones causadas por *H. contortus*. Fue entonces que estos autores presentaron el método FAMACHA, que es un acrónimo del autor de la idea, Dr. Faffa Malan (Faffa MAJan CHArt). El objetivo de este método es identificar clínicamente animales resistentes, resilientes y sensibles a infecciones parasitarias, optimizando el tratamiento de forma selectiva en situaciones reales en el campo, sin la necesidad de recursos de laboratorio (Van Wyk y Bath, 2002).

Cabe señalar que el sistema FAMACHA sólo debe ser aplicado a las infecciones con *H. contortus* y debe ser empleado en conjunción con otras medidas de control de helmintos (Van Wyk y col., 2001).

El problema con la estimación de la precisión cuando se usa el sistema FAMACHA, es que sólo son asignadas cinco categorías mientras que los valores del paquete del volumen celular (PVC) pueden variar de 8 a 40% (más de 30 valores). Sin embargo, una categoría de FAMACHA que es asignada a un animal en el cual el PVC cae en alguna división arbitraria entre las categorías de FAMACHA, podría ser asignada de manera casi igualmente correcta a la más alta o a la más baja. Las evaluaciones incorrectas son entonces relativas al grado en el cual cada evaluación clínica varía del PVC (Van Wyk y Bath, 2002).

Existe un folleto explicativo elaborado por la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Pretoria, The Onderstepoort Veterinary Institute, The Worm Workshop of the South African Veterinary Association e Intervet Sudáfrica y con el apoyo de la FAO que explica lo que a continuación se presenta:

Por qué fue desarrollado el sistema FAMACHA:

- La infección por *H. contortus* (gusano palo de barbería) es el problema de salud más importante en los ovinos y caprinos en la mayoría de lugares que tienen lluvias en verano, particularmente en áreas tropicales y subtropicales. Si no se controla adecuadamente al parásito, hay grandes pérdidas en la producción y hasta la muerte.
- Debido a la sobre utilización de los antihelmínticos por muchos años, la resistencia a los antihelmínticos es un problema que se está incrementando, en muchos rebaños. En varios países hay resistencia a todos los grupos de antihelmínticos y la viabilidad de la producción ovina está amenazada.
- Mientras la mayoría de los ovinos (especialmente adultos) son capaces de sobrellevar los desfavorables efectos de la hemoncosis, una pequeña minoría no puede.
- Ambos, resistentes (habilidad de prevenir o eliminar la infección) y resilientes (habilidad de sobrellevar los efectos de parásitos) han demostrado ser heredables, aunque no altamente. Esto significa que los ovinos pueden ser seleccionados y criados para desarrollar estas características.
- Una vez que son detectados los ovinos incapaces de soportar la hemoncosis, pueden ser identificados para una atención especial sin tener que tratar a todo el rebaño. A largo plazo, por medio de la selección de ovinos, se puede lograr un rebaño resiliente y genéticamente adaptado al medio.

Principio en que el sistema es basado:

- La sangre consiste en una parte clara y fluida denominada plasma y un componente celular (principalmente células rojas) la proporción de células rojas/plasma determina si el animal esta sano o enfermo. Esta proporción puede ser medida en el laboratorio por métodos especiales pero con práctica y entrenamiento también puede ser estimada casi con exactitud observando los cambios de coloración de las membranas mucosas de los ojos. Como los *H. contortus* son hematófagos, los efectos de una carga parasitaria severa en animales susceptibles provoca una disminución en las células rojas. Esto es observado en las membranas mucosas como una visible palidez generalmente conocida como anemia. Monitoreando la anemia, pueden identificarse los animales resilientes y susceptibles. Algunos animales pueden volverse levemente anémicos y luego recuperarse sin tratamiento.

Usos y ventajas:

- Puede esperarse una disminución en la cantidad y frecuencia de las desparasitaciones para la mayoría de los animales del rebaño donde la carga parasitaria es alta.
- El desarrollo de la resistencia a antihelmínticos en las poblaciones de parásitos puede disminuirse debido a que menos animales son tratados.
- A largo plazo la eliminación de los animales susceptibles pueden permitir la crianza de ovinos mejor adaptados.

- Identificando los ovinos anémicos se pueden dar los tratamientos correctos, si es necesario en dosis únicas o divididas, y probablemente se tratará un número pequeño de ovinos cada vez que se examine al rebaño.
- Si el rebaño es examinado periódicamente los animales pueden ser tratados antes de que los signos de enfermedad y los efectos se vuelvan muy severos.
- Pueden identificarse y eliminarse del rebaño a los ovinos que repetidamente no pueden soportar la hemoncosis a pesar de llevar un eficaz programa de control.
- Pueden identificarse los animales que se escaparon al tratamiento o fueron subdosificados o desparasitados inadecuadamente, antes de que ocurran problemas graves.
- Si se utiliza un tratamiento ineficaz para la hemoncosis, se detectará más fácilmente porque habrá más animales anémicos después del tratamiento y, si se utiliza un medicamento eficaz, las mucosas pálidas se volverán más rojas después de una semana, si se provee de suficiente proteína en el alimento y la condición corporal es adecuada.
- Si hay una severa acumulación de larvas infectantes en la pastura, un aviso temprano del daño inminente es el aumento súbito en el número de ovinos anémicos.
- La técnica una vez aprendida es relativamente barata, si no es considerado el costo de mano de obra (que debe calcularse como costo fijo).
- El proceso de inspección de los ojos de los ovinos es rápido y fácilmente puede ser integrado con otras actividades como vacunación, pesaje,

evaluación de condición corporal o conteo. Con buena práctica, pueden evaluarse hasta 500 ovinos por hora.

- Debido a que los ovinos son examinados frecuentemente, se pueden detectar otros problemas no relacionados con la parasitosis.
- La técnica es muy fácil y suficientemente confiable una vez aprendida bajo la guía de un instructor competente.

Precauciones y problemas potenciales:

- Sólo la hemoncosis puede ser monitoreada usando esta técnica. Debe emplearse un programa para el control de otros parásitos.
- Debe emplearse un programa integral de control de la hemoncosis conjuntamente con el sistema FAMACHA, ya que éste solo mejorará pero no reemplazará el programa de control.
- El conteo de huevos en las heces debe ser medido regularmente (cada 4 a 6 semanas).
- Hay otras causas de anemia que pueden causar confusión. Algunos ejemplos son: bunostomiasis, fasciolosis, parásitos externos, hemoparásitos, infecciones y deficiencias nutricionales. Aunque, hasta el momento la causa más importante de anemia en ovinos en clima templado de verano lluvioso como en Sudáfrica es el *H. contortus*.
- Por el otro lado, ciertas condiciones pueden hacer que las membranas mucosas de los ojos aparenten ser más rojas de lo que deberían y esto enmascara la presencia de anemia. Algunos ejemplos son: polvo o

establecimientos cerrados que irritan los ojos, calor, animales transportados por largo periodo sin descanso, fiebre, infecciones de los ojos y enfermedades asociadas a falla en la circulación sanguínea.

- Los ovinos deben ser monitoreados regularmente (por lo menos cada 2 semanas, y posiblemente cada semana en la época de mayor frecuencia de *Haemonchus*).
- Los corderos y borregas gestantes o lactantes son más susceptibles y necesitan atención especial.

Uso práctico del sistema FAMACHA:

- Este sistema debe ser utilizado sólo después de haber sido totalmente explicado y demostrado por instructores propiamente entrenados.
- Usarlo solo como parte de un programa integral de control parasitario diseñado por un veterinario. No se debe usar por si solo.
- En la primera mitad del verano, instituir un programa estratégico de desparasitación, pero a bajo nivel y conjuntamente con el monitoreo del conteo fecal de huevos, el sistema de pastoreo rotacional y la alternancia de pastoreo con caprinos o caballos. Se debe llevar a cabo la evaluación del rebaño cada dos o tres semanas por personas entrenadas, totalmente competentes para ver los cambios indicativos de anemia.
- En la segunda parte del verano, o más temprano en áreas con climas templados con alta humedad, lluvias o irrigación, puede ser necesario monitorear al rebaño más seguido, inclusive semanalmente.

- Continuar con el programa integral de control parasitario hasta el final del periodo de hemoncosis.
- Siempre utilizar la tarjeta FAMACHA en las evaluaciones, no confiar en la memoria de veces anteriores.
- Cualquier borrego que se observe claramente anémico (categorías 4 ó 5 con la tarjeta FAMACHA, y casos dudosos (categoría 3), debe ser tratado (dosificado o desparasitado) con un principio activo apropiado (en consulta con el veterinario supervisor) y marcado o identificado de alguna manera permanente (aretas, marcas en las orejas, muescas, cordones amarrados, etcétera).
- Se recomienda que los borregos marcados permanentemente también tengan una marca temporal (crayones marcadores de lana) de diferentes colores o en diferentes sitios así el mismo borrego no es marcado permanentemente en la siguiente valoración.
- Si el sistema es usado en cabras se recomienda que cualquier animal graduado en la categoría 3 deberá ser tratado.
- Si una gran proporción (>10%) del rebaño se encuentra anémica (categorías 4 y 5) en cualquier evaluación, puede ser aconsejable dosificar todo el rebaño o cambiar de parcela si es apropiado. Consultar al veterinario si hay dudas.
- La decisión esencial que debe ser tomada en cada revisión es cuales animales deben ser tratados y cuales no. La asignación de categorías es lo menos importante.

- Si el rebaño ha estado en la misma parcela por más de dos meses, sólo deben tratarse los ovinos anémicos antes de que el rebaño sea cambiado de parcela. Si es necesario desparasitar a todo el rebaño, entonces debe dejarse en la misma pradera por lo menos una o dos semanas antes del cambio.
- Los borregos identificados que necesitan dos dosis extras (más de la dosis normal de tratamiento del rebaño), son elegibles para ser eliminados, los que necesiten tres o más dosis extras necesariamente se eliminarán.
- Pueden recordarse fácilmente las proporciones del rebaño en cada categoría (de la uno a la cinco) descartando cada animal en el histograma que se provee. Esto puede ser realizado por cualquiera y constituye un recurso visual fácil de la situación del rebaño.
- Si el rebaño es muy grande, puede evaluarse una muestra aleatoria de 50 ovinos. Si el porcentaje combinado de categorías 1 y 2 excede el 80% (de preferencia el 90%) y no hay categorías 4 y 5 en la muestra, es poco probable que haya riesgo al no examinar el rebaño completo. Sin embargo, si algún ovino es categorizado como 4 ó 5, o si la categoría 3 excede del 10 al 20 %, será conveniente examinar todo el rebaño.
- Los animales despigmentados en su piel pueden parecer anémicos inclusive a distancia, porque su nariz y/o vulva se ven pálidas.
- Se deben examinar especialmente los borregos que se retrasan en el rebaño. Ellos pueden estar padeciendo los efectos de la anemia.
- Siempre revisar a los borregos con edema submandibular (*cuello de botella*), es decir, la presencia de un suave abultamiento debajo de la mandíbula. Se deben desparasitar todos los ovinos con edema submandibular, independientemente de la presencia o ausencia de anemia.

La tarjeta para el sistema FAMACHA y que actualmente se utiliza es la que a continuación se presenta:



Como antecedentes del uso del sistema FAMACHA, se tiene que Van Wyk y Bath (2002) realizaron una prueba en más de 30 granjas comerciales en seis provincias de Sudáfrica, principalmente con ovinos de la raza Merino y Dohne Merino, con un número aproximado de 250 a 1,600 ovinos por explotación. Al inicio de la época de mayor presencia de la hemoncosis (septiembre a noviembre) los ovinos fueron evaluados cada tres semanas usando el sistema FAMACHA, posteriormente las evaluaciones fueron semanales cuando se incrementa notablemente la presencia de *Haemonchus* (enero a marzo) y después se realizaron evaluaciones en intervalos variando de una a seis semanas. Se desparasitaron los animales basándose en la tarjeta FAMACHA y en algunas granjas se trataron los animales con PVC menores a 15%. Cada prueba terminó después de ocho meses. Para

evaluar la confiabilidad de las clasificaciones clínicas se computaron los valores estimados de FAMACHA relacionándolos con los valores del PVC con coeficientes de relación de Pearson donde las relaciones fueron altamente significativas ($P < 0.001$) y las predicciones fueron correctas en un 43-59% de los casos.

Se encontraron errores con animales en riesgo, es decir los animales anémicos que los evaluadores no desparasitaron y el valor del PVC resultó tan bajo que el animal pudo haber muerto antes de la siguiente evaluación. Dichos errores oscilaron entre el 1.1% y el 2.3% en diferentes pruebas (Van Wyk y Bath, 2002).

Entre la evaluaciones para conocer la eficacia del sistema FAMACHA, se realizó una prueba de anemia clínica causada por *Haemonchus* sp. en cabras criadas bajo condiciones marginadas en Sudáfrica usando la tarjeta del sistema FAMACHA desarrollada para borregos. Al realizar la evaluación en el verano de 1998-1999 y 1999-2000 encontraron una sensibilidad del 76%-85% respectivamente y una especificidad de 52%-55% en cada uno de esos periodos (Vatta y col., 2002).

Por su parte, Torres y col. (2001) evaluaron el esquema de coloración de mucosa ocular para diagnosticar anemia en cabras criollas en sistemas de producción en Yucatán. Colectaron sangre de 561 caprinos criollos de 19 rebaños de Yucatán, registraron la calificación del sistema FAMACHA y determinaron su PVC. Encontraron una sensibilidad de 61.5% a 62.7% y una especificidad superior al 83% cuando se consideraron positivos a anemia los valores a FAMACHA 4 y 5. Considerando positivos a anemia los valores de FAMACHA 3, 4 y 5 la sensibilidad aumenta a 96% y la especificidad se reduce a menos de 34%. Los rebaños presentaban larvas infectantes de *Haemonchus* sp (70%), *Trichostrongylus* sp (20.1%) y *Oesophagostomum* sp (9.6%). Concluyen que en el caso de usar los valores de FAMACHA 4 y 5 como indicadores de anemia la ventaja es que una menor proporción de animales serán desparasitados en comparación al enfoque tradicional de desparasitar a todo el rebaño.

OBJETIVOS

- Conocer la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh), el volumen del paquete celular (VPC) y el índice FAMACHA en ovinos de las razas Blackbelty y Columbia con infección artificial por *Haemonchus contortus*.
- Correlacionar los índices del sistema FAMACHA con los valores del porcentaje del paquete del volumen celular y la cantidad de huevos de *H. contortus* por gramo de heces que eliminan los animales infectados.

Material y métodos

Localización

El trabajo se desarrolló en el Módulo de Posgrado y en el Laboratorio de Parasitología de la FES Cuautitlán.

Animales

Se emplearon 30 corderos libres de nematodos gastroentéricos de entre seis y ocho meses de edad, 15 animales de la raza Blackbelly y 15 Columbia, que se obtuvieron de explotaciones ovinas orientadas hacia al producción de pie de cría, que garantizaron pureza y homogeneidad racial, fueron contemporáneos y del mismo sexo (machos). Estos animales se mantuvieron en condiciones libres de parásitos. La alimentación fue a libertad y consistió de alimento balanceado comercial para ovinos (14% proteína cruda) y forraje seco y molido (alfalfa achicalada); el agua se ofreció a libertad.

Diseño experimental

A todos los animales antes de ingresar a las corraletas se les realizaron exámenes clínicos, hematológicos y coproparasitoscópicos. Antes de empezar los protocolos de inoculación todos los animales fueron mantenidos en las corraletas por dos semanas para adaptarse a las nuevas condiciones de manejo

Los corderos se dividieron en dos grupos: el primero con 20 animales (diez de cada raza) que fueron inoculados con larvas 3 (L₃) de *Haemonchus contortus* (grupo experimental) y el segundo con diez animales (cinco de cada raza) que constituyeron el grupo testigo

Los animales del grupo experimental recibieron 1,000 L₃ de *H. contortus* una vez a la semana durante las primeras seis semanas. Semanalmente se colectaron muestras de materia fecal, sangre y se comparó la coloración de mucosa ocular empleando el sistema FAMACHA.

Inoculación de *Haemonchus contortus*

Se utilizaron larvas de una cepa monoespecífica de *H. contortus*, aislada de un rebaño ovino comercial de Jilotepec, Estado de México, la cual fue mantenida por pases sucesivos en corderos criados bajo condiciones de estabulación total y con alimentación basada en forraje henificado y alimento balanceado comercial. Las L₃ de *H. contortus* fueron obtenidas a partir del cultivo de heces colectadas del cordero donador. Se contaron y elaboraron inóculos individuales de 1,000 L₃ cada uno. La administración de las larvas se hizo empleando una sonda bucoesofágica para colocar el inóculo directamente en el rumen del animal.

Observación de la coloración de la mucosa ocular (sistema de FAMACHA)

Esta se realizó siempre bajo los rayos del sol y por la misma persona, comparando la coloración de la mucosa ocular con la coloración de la tarjeta *Famacha* realizando los siguientes pasos que se indican en la tarjeta:

- Examinar los ovinos bajo buena luz natural.
- Abrir los párpados del ovino
- Empujar el párpado superior hacia abajo con el dedo pulgar, mientras el pulgar de la otra mano gentilmente jala el párpado inferior hacia abajo.
- Observar la coloración de la mucosa ocular del párpado inferior.
- Abrir los párpados solo por un pequeño instante o la mucosa ocular se tomará más roja.
- Comparar la coloración observada con la de la tarjeta FAMACHA.
- Categorizar los ovinos de 1 a 5 según la coloración observada.

- Si se está en duda categorizar en el nivel más alto (más pálido).
- Evaluar semanalmente y no más de cada 2 ó 3 semanas.

Exámenes parasitológicos

Las muestras de heces se tomaron directamente del recto, para el conteo de huevos eliminados se utilizó una técnica modificada de Mc Master, donde cada huevo encontrado representa 50 huevos por gramo de heces (Soulsby, 1988) quincenalmente se realizaron cultivos larvarios y se verificó la pureza de la infección.

Exámenes hematológicos

Las muestras sanguíneas se obtuvieron por venopunción yugular en tubos al vacío con EDTA como anticoagulante. A todas las muestras se les midió el hematocrito o volumen del paquete celular (VPC) La determinación del volumen del paquete celular sanguíneo se efectuó por la técnica de microhematocrito (Schalm y col., 1975).

Análisis de resultados

Para el análisis de los datos del número de huevos las cifras fueron transformadas a logaritmo 10 para estabilizar la varianza de los mismos. Los datos de todas las variables medidas fueron analizados por medio de análisis de varianza. Además se calculó el coeficiente de correlación entre las variables de interés.

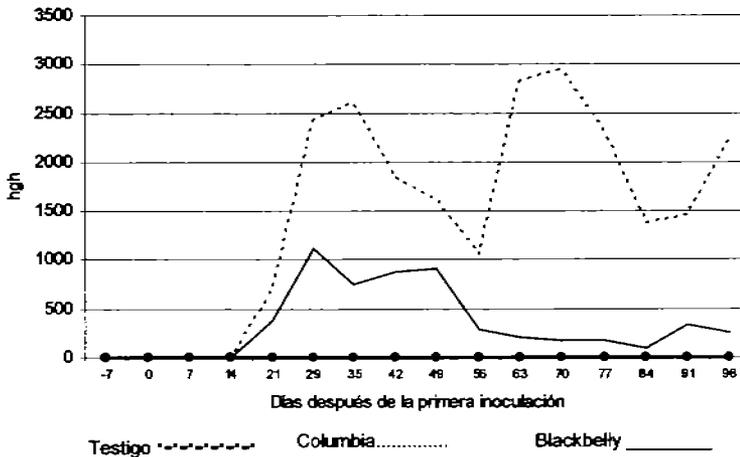
Resultados

Con la finalidad de evaluar el sistema FAMACHA, se infectaron ovinos Columbia (C) y Blackbelly (BB) en forma artificial con *Haemonchus contortus* y se estudiaron la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh), el volumen del paquete celular (VPC), el índice FAMACHA y las correlaciones entre esas variables.

Eliminación de huevos de *Haemonchus contortus*.

En la fig.1 se muestra el comportamiento de la eliminación de huevos de *H. contortus* en los ovinos de las razas C y BB, tanto infectados (C-I y BB-I) como libres de parásitos (C-T y BB-T), desde una semana antes de la primera inoculación y hasta los 98 días posteriores. Se puede apreciar que todos los animales inoculados iniciaron la eliminación de huevos a los 21 días después de la primera inoculación (dpi) con un promedio de 385 y 705 huevos por gramo de heces (hgh) para los animales BB-I y C-I, respectivamente.

Fig. 1 Eliminación de huevos de *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente



Los ovinos de la raza C-I exhibieron un comportamiento errático en la eliminación de huevos durante los 98 días posteriores a la infección, sin embargo, existieron dos picos de mayor eliminación, el primero entre los días 28 y 35 dpi (2,500 hgh), el segundo ocurrió entre los 63 y 70 días dpi (2,850 hgh), repuntando nuevamente hacia el último muestreo a los 98 días dpi (2,240 hgh). Cabe mencionar que este grupo C-I fue siempre estadísticamente superior ($P < 0.05$) al de los C-T.

Para los animales de la raza BB inoculados con *H. contortus* hubo sólo un periodo de mayor eliminación, entre los 28 y 49 días dpi, alcanzando cifras que oscilaron entre los 725 y 1,115 hgh. En estos animales sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), en relación al grupo BB-T en los muestreos de los días 21, 35, 42 y 70 dpi, en las otras evaluaciones hubo una eliminación similar ($P > 0.05$) entre los corderos infectados y libres de nematodos.

Es notoria la mayor eliminación de huevos en los corderos de la raza C-I, existiendo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), particularmente en los días 35 y 56 dpi y, a partir de este momento, hasta la última evaluación (día 98), en relación a los animales BB-I.

Cuando se efectuó el análisis estadístico para conocer las diferencias entre todos los animales considerando el promedio de eliminación de huevos durante el periodo del día 21 al 98 dpi, permitió ubicar en subgrupos (susceptible o resistente) a los animales de las dos razas estudiadas. Los resultados se expresan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Subgrupos susceptible o resistente de ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*.

Columbia				Blackbelly			
Número	Log. (hgh) ¹	Diferencia estadística ²	Resultado	Número	Log. (hgh)	Diferencia estadística	Resultado
620	3.17	A	Susceptible	8835	2.76	a	Susceptible
621	3.04	A	Susceptible	11084	2.62	a	Susceptible
623	3.06	A	Susceptible	11197	2.85	a	Susceptible
624	3.25	A	Susceptible	11250	2.61	a	Susceptible
626	3.26	A	Susceptible	11051	1.88	b	Resistente
627	2.93	A	Susceptible	11055	2.19	b	Resistente
629	3.48	A	Susceptible	11057	1.72	b	Resistente
630	3.08	A	Susceptible	11078	1.55	b	Resistente
631	2.98	A	Susceptible	11126	1.52	b	Resistente
634	3.23	A	Susceptible	11154	2.03	b	Resistente

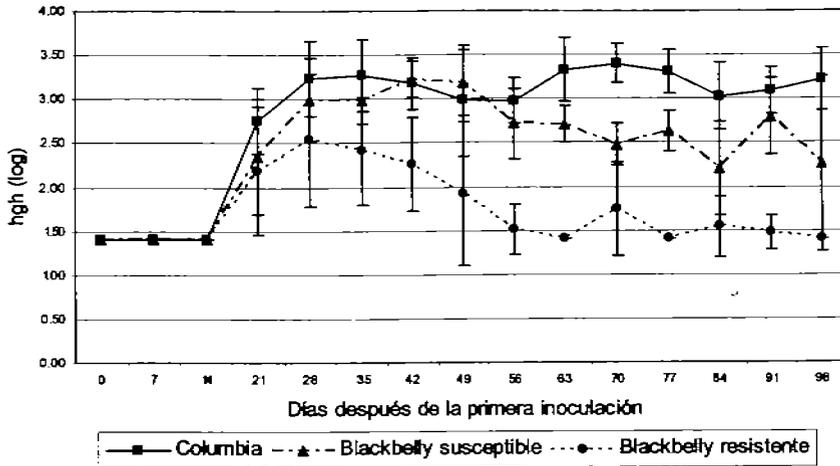
¹ Logaritmo del número de huevos por gramo de heces (hgh).

² Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

Se puede apreciar que todos los animales C-I se ubicaron dentro de los susceptibles, sin embargo, en los BB-I, existieron claras diferencias entre susceptibles (BB-I-s) y resistentes (BB-I-r). Estadísticamente existieron similitudes ($P > 0.05$) entre los animales C-I y BB-I-s.

En la figura 2 se muestra la dinámica de eliminación de huevos en los corderos C-I (susceptibles) y de los BB-I-s y BB-I-r. Los datos utilizados fueron transformados logarítmicamente ($\log_{10} \text{hgh} + 25$) con la finalidad de disminuir la varianza al interior de cada grupo. Se aprecian claramente las diferencias entre los subgrupos BB-I-s y BB-I-r, particularmente a los 56, 63, 77, 91 y 98 dpi de *H. contortus*.

Fig. 2 Eliminación de huevos de *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia y Blackbelly susceptibles y resistentes.

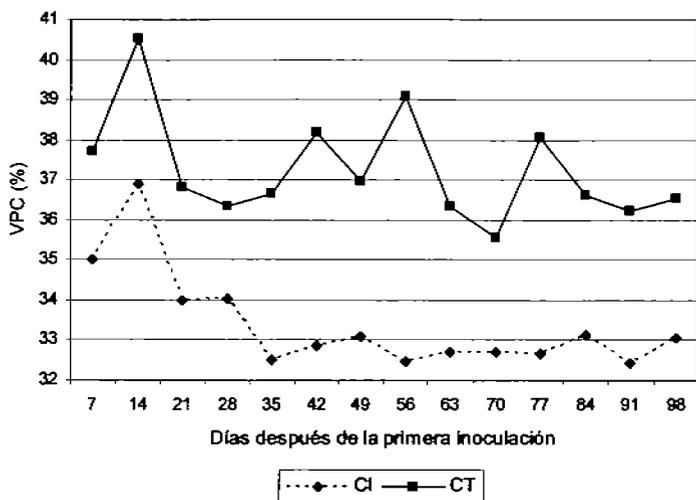


El grupo de animales C-I y el subgrupo BB-I-s tuvieron una dinámica de eliminación de huevos similar, excepto en los muestreos entre los días 63 y 77 dpi con *H. contortus*.

Volumen del paquete celular.

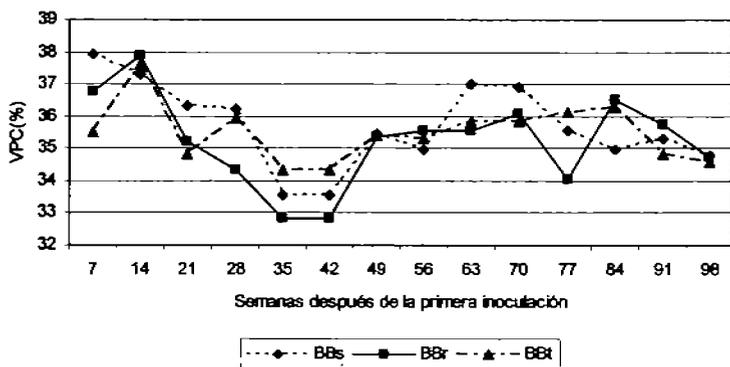
En la fig. 3 se muestran los resultados del porcentaje del volumen de paquete celular (VPC) de los corderos raza Columbia inoculados (CI) y libres de *H. contortus* (CT). Como puede observarse, en los animales infectados por el parásito, los valores del VPC siempre fueron inferiores, sin embargo, la diferencia se hizo más notoria a partir del día 35 dpi, donde los valores del VPC en los animales CI estuvieron por debajo del 34%, con rango entre 32.4 y 33.1%, mientras que para los ovinos CT ese rango fue de 35.5 a 39.1%. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los días 35 y 98 dpi, excepto en el muestreo efectuado el día 70 dpi.

Fig. 3 Porcentaje del volumen del paquete celular en ovinos Columbia infectados con *Haemonchus contortus*.



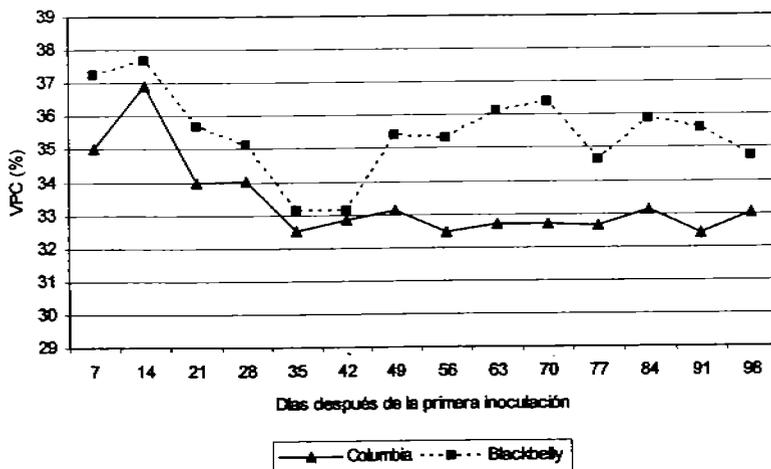
En la fig. 4 se observan los resultados del VPC de los corderos BBs, como los BBs y los no parasitados (BBt), presentan un VPC similar con altibajos a lo largo de todo el trabajo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en ninguno de los muestreos para los tres subgrupos evaluados.

Fig. 4 Porcentaje del volumen del celular en ovinos Blackbelly susceptibles y resistentes a *Haemonchus contortus*



Comparando los resultados del VPC en los corderos C contra los BB (fig 5), se pudo constatar que los animales C-I presentaron un VPC menor en todas las evaluaciones con un rango de 32.5 a 36.9% y los BB-I tuvieron valores del VPC que oscilaron entre el 33.1% y 33.7%. Las diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) se presentaron en los muestreos del día 21 dpi y entre el día 49 y 91 dpi.

Fig. 5 Volumen del paquete celular en ovinos Columbia y Blackbelly infectados con *Haemonchus contortus*.

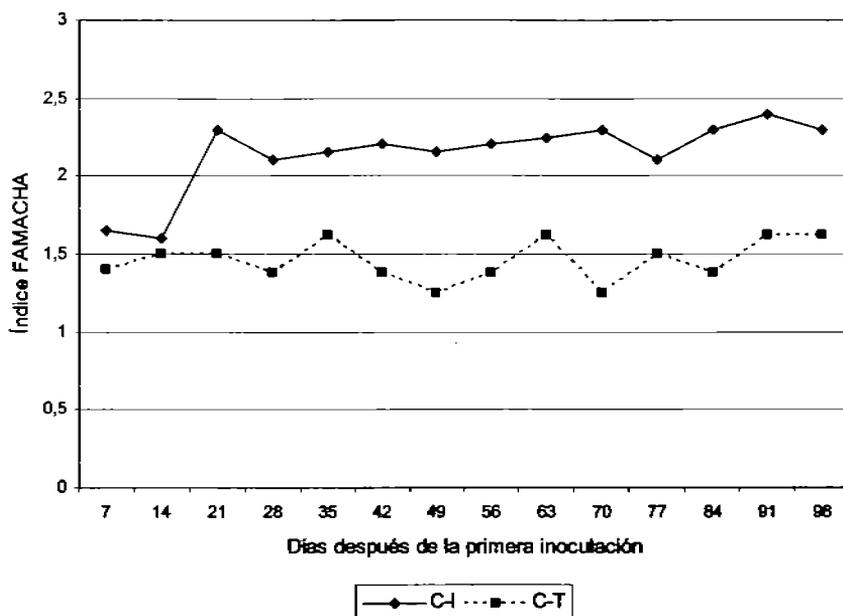


Índice FAMACHA.

En la fig. 6 se expone el comportamiento de los valores del índice FAMACHA en los ovinos de la raza C-I y C-T. Se puede observar que en las dos primeras evaluaciones (7 y 14 días dpi) el índice fue bastante similar en ambos grupos, oscilando entre 1.4 y 1.6, sin embargo, a partir del día 21 dpi iniciaron las diferencias entre los dos grupos de animales, las cuales se mantuvieron hasta la última evaluación (98 dpi). Los corderos de la raza C inoculados con *H. contortus* siempre tuvieron un índice FAMACHA superior a 2.0, encontrando su máximo nivel (2.3) en la tercera evaluación. El índice FAMACHA en los corderos no infectados,

con ligeros altibajos, osciló siempre alrededor del 1.5. Estadísticamente se encontraron diferencias significativas del día 35 hasta el 98 dpi.

Fig. 6 Índice FAMACHA en ovinos Columbia infectados con *Haemonchus contortus*.



Con respecto a los ovinos de la raza BB (fig. 7), el índice FAMACHA fue similar entre los animales BB-I, tanto en aquellos que por su eliminación de huevos, fueron clasificados como resistentes (BB-I-r) o susceptibles (BB-I-s). En este grupo racial, los animales no infectados (BB-T) tuvieron un comportamiento del índice FAMACHA similar a los dos subgrupos de animales infectados los días 7, 14 y 98 dpi, sin embargo, los ovinos libres del parásito, desde el día 21 hasta el 98 dpi, mantuvieron un índice FAMACHA inferior a los otros dos grupos. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los subgrupos de ovinos BB.

Cuando se compara el índice FAMACHA de los animales raza C-I y BB-I (fig. 8), se observa un comportamiento similar, especialmente en las dos primeras

evaluaciones (días 7 y 14 dpi con un índice alrededor de 1.5). A los 21 días dpi se presentó la mayor diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre los animales de ambas razas (con valores de 2.3 para C-I y 1.4 para BB-I), en las evaluaciones posteriores, los valores del índice siempre fueron mayores en los animales C-I. En este caso solo existieron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre las dos razas a los 70, 77, 91 y 98 días dpi.

Fig. 7 Índice FAMACHA en ovinos Blackbelly infectados con *Haemonchus contortus*.

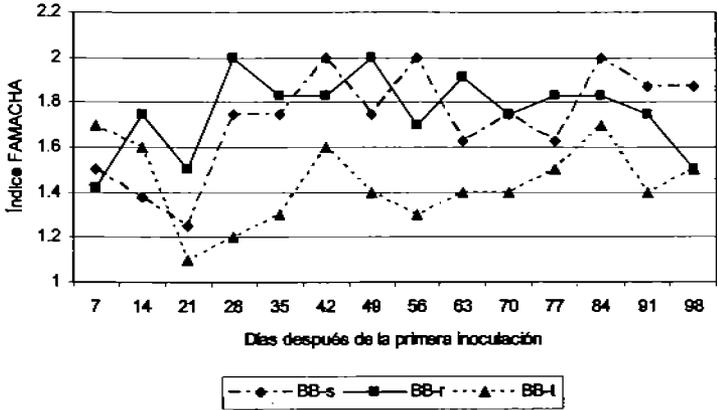
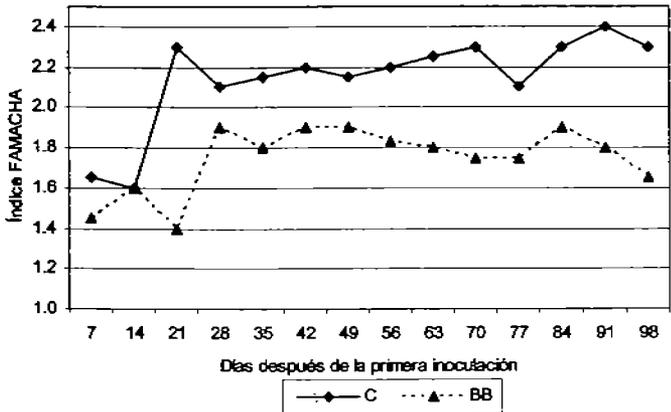


Fig. 8 Índice FAMACHA en ovinos Columbia y Blackbelly infectados con *Haemonchus contortus*.



Correlaciones entre las variables de interés.

En el cuadro 2 se exponen los resultados referentes a las distintas correlaciones calculadas entre los valores de interés para el presente trabajo, la eliminación de huevos y el índice FAMACHA (hgh:FAMACHA), la eliminación de huevos y el porcentaje del volumen celular (hgh:PVC) y entre el índice FAMACHA y el volumen del paquete celular (FAMACHA:PVC).

Como se puede observar los coeficientes de correlación obtenidos fueron muy variables, y sólo estadísticamente significativos ($P < 0.05$) para hgh:FAMACHA en el muestreo de la cuarta semana dpi con 0.65 y -0.70 para los animales C-I y BB-I respectivamente. En ese mismo muestreo y para el rubro hgh:PVC sólo se encontró significancia en la correlación ($P < 0.05$) para BB-I con -0.65.

Las correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para FAMACHA:PVC sólo se detectaron en la tercera semana dpi para C-T (-0.94), en la cuarta semana dpi para BB-I (-0.65), también para C-T en la quinta semana dpi (-0.94), en la séptima semana dpi para BB-I con -0.62, en la novena semana dpi el grupo C-T tuvo 0.87, en la doceava semana dpi los dos grupos de la raza BB (BB-I y BB-T) con -0.73 y -0.90 respectivamente, en la treceava semana dpi para el grupo C-I (-0.63) y para los animales BB-I (-0.74) en la catorceava semana dpi.

Sólo existió una sola correlación altamente significativa ($P < 0.01$) para los animales BB-I en la treceava semana con -0.88.

Cuadro 2. Correlaciones entre la eliminación de huevos, índice FAMACHA y el porcentaje del volumen celular en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*.

Semanas después de la primera infección	Grupo	hgh:FAMACHA	hgh:PVC	FAMACHA:PVC
3ª	C-I	0.06	-0.47	-0.39
	C-T			-0.94*
	BB-I	-0.44	0.32	-0.59
	BB-T			0.42
4ª	C-I	0.65*	-0.51	-0.49
	C-T			-0.89
	BB-I	-0.70*	-0.65*	-0.65*
	BB-T			-0.55
5ª	C-I	0.16	-0.28	-0.39
	C-T			-0.94*
	BB-I	-0.24	0.36	-0.59
	BB-T			0.42
6ª	C-I	-0.45	-0.005	-0.59
	C-T			-0.65
	BB-I	0.36	0.07	-0.57
	BB-T	0.36	0.67	0.03
7ª	C-I	0.19	-0.22	-0.53
	C-T			-0.39
	BB-I	-0.13	0.07	-0.62*
	BB-T			-0.57
8ª	C-I	0.16	-0.50	-0.39
	C-T			-0.82
	BB-I	0.05	-0.11	-0.84
	BB-T			0.64
9ª	C-I	0.28	-0.06	-0.36
	C-T			0.87*
	BB-I	-0.18	0.28	-0.56
	BB-T			-0.11
10ª	C-I	-0.23	0.14	-0.41
	C-T			0.73
	BB-I	-0.16	0.45	-0.43
	BB-T			0.40
11ª	C-I	-0.06	0.01	-0.97
	C-T			0
	BB-I	-0.50	0.30	0.06
	BB-T			0.21
12ª	C-I	-0.21	-0.12	-0.37
	C-T			0.21
	BB-I	0.26	-0.27	-0.73*
	BB-T			-0.90*
13ª	C-I	-0.19	0.25	-0.63*
	C-T			-0.19
	BB-I	-0.093	-0.15	-0.88**
	BB-T			-0.65
14ª	C-I	-0.29	-0.27	-0.23
	C-T			0.52
	BB-I	0.68*	-0.35	-0.74*
	BB-T			-0.77

* Diferencias estadísticamente significativas (P < 0.05)

** Diferencias estadísticamente significativas (P < 0.01)

En las otras cifras no existieron diferencias estadísticas (P > 0.05)

DISCUSIÓN

Con la finalidad de evaluar el sistema FAMACHA en dos razas de ovinos, Columbia (C) y Blackbelly (BB), se infectaron en forma artificial con *Haemonchus contortus* y se estudió la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh), el volumen del paquete celular (VPC), el índice FAMACHA y las correlaciones entre esas variables.

En primer lugar, en relación a la eliminación de huevos, se observó que la presencia de huevos de *H. contortus* para ambas razas se presentó a partir de los 21 días después de la primera inoculación (dpi) lo cual concuerda con el periodo de prepatencia (tiempo que transcurre desde que el hospedador adquiere la infección por la ingestión de larvas de tercer estadio hasta que comienza la eliminación de huevos del parásito en las heces) de *H. contortus* (Quiroz, 1989; Meana y Rojo, 1999); aunque Soulsby (1988) menciona que el periodo de prepatencia puede ser de 15 días. En otros trabajos se han encontrado datos similares para ese periodo, por ejemplo Wanyangu y col. (1997) comparando las razas ovinas Dorper y la Red Maasai, frente a la infección experimental con *H. contortus* encuentran que la eliminación de huevos del parásito se da a partir de la tercera semana posinoculación y por su parte, Woolaston y col. (1992) reportan que en ovinos de raza Merino infectados con *H. contortus* el periodo de prepatencia es de 22 días.

A través de los muestreos subsecuentes, se pudo constatar que se presentaron altibajos en la eliminación de huevos en los animales de ambas razas. Fue notorio que en los ovinos de la raza Columbia infectados con *H. contortus* (C-I) sólo existieron dos picos de mayor eliminación, el primero entre los 28 y 42 días dpi y el segundo entre los 63 y 77 días dpi. Para los animales Blackbelly infectados con el nematodo (BB-I) sólo hubo un periodo de mayor eliminación, coincidiendo con el primer pico de los C-I, pero con menor intensidad. Ese comportamiento irregular, particularmente en lo referente a las disminuciones, se ha relacionado con la

adquisición de inmunidad que ocurre cuando el sistema inmune reconoce al parásito (Coop y Kyriazakis, 1999).

Una situación notoria es la diferencia en la intensidad y dinámica de eliminación de huevos de *H. contortus* en cada tipo racial evaluado. En los animales BB-I dicha eliminación fue menor y tendió a disminuir, lo cual es indicativo de una mayor resistencia a la infección por *H. contortus*. Este comportamiento es similar al reportado para las razas Red Maasai, Nativa de Florida, Saint Croix (Stear y Murray, 1994; Wanyangu y col., 1997; Amarante y col., 1999; López y col., 2003), y que se atribuye a una mejor y más intensa respuesta inmunológica contra el parásito (Baker, 1999).

De igual manera, está demostrado que en las infecciones por nematodos la inmunidad adquirida afecta al parásito en su establecimiento, desarrollo, supervivencia y fecundidad (Coop y Kyriazakis, 1999), lo cual influye negativamente en la eliminación de huevos.

Otros investigadores han obtenido resultados similares en cuanto a los altibajos en la eliminación de huevos en heces en ovinos infectados por nematodos. Tal es el caso de Amarante y col. (1999) quienes se encuentran con varios picos en la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh) en ovinos de la raza Rambouillet parasitados por *H. contortus*, el primer pico de eliminación se da a las 8 semanas posinoculación (PI) con 2,000 hgh, un segundo pico se da a las 16 semanas PI con 3,000 hgh y por último el mayor pico de eliminación se da a las 24 semanas PI con 9,000 hgh, por otro lado, se encuentran con periodos en los que la eliminación de hgh es casi nula como en las semanas 12 y 20 PI.

A lo largo de todo el experimento los ovinos de la raza C-I tuvieron una mayor eliminación de hgh en comparación con la raza BB-I, quienes mostraron siempre un menor número en la eliminación hgh. Esto de alguna manera, es indicativo de que la raza BB mostró una mayor resistencia a la infección por *H. contortus*. En algunos estudios en los que se han comparado por lo menos dos razas de ovinos se ha demostrado que algunas razas tienen una resistencia natural a varios

parásitos gastrointestinales incluyendo *H. contortus*. Wanyangu y col. (1997) en un estudio comparativo entre dos razas ovinas, Dorper y Red Maasai expuestos a una infección artificial y subsecuentemente a una infección natural por *H. contortus* obtienen datos que indican que la raza Red Maasai tiene capacidad de resistir la infección, esto se ve reflejado a todo lo largo del estudio con una menor eliminación de hgh. Los autores mencionan que la superioridad genética de la raza Red Maasai puede ser consecuencia de su evolución y concluyen que los ovinos de la raza Red Maasai son más resistentes a la infección con *H. contortus* y que eso de alguna manera está asociada a un incremento de la eosinofilia periférica.

Por su parte, Amarante y col. (1999) comparan a la raza Nativa de Florida (NF) con la Rambouillet (R) ambas infectadas naturalmente por *H. contortus* y donde la primera revela tener una alta resistencia contra este parásito comprobándose en el desarrollo del experimento con una menor eliminación de hgh, en la semana 16 PI, cuando los animales de la raza R eliminan 3,000 hgh, los de la NF sólo 500 hgh.

También se ha encontrado que dentro de la misma raza de ovinos infectados con nematodos gastroentéricos (NGE) existe una gran variabilidad individual, independientemente de la susceptibilidad o resistencia a NGE de un grupo racial, existen animales que pueden tener bajos o elevados conteos de hgh. En relación a eso, Bisset y col. (1997) detectaron que dentro de un mismo grupo racial de ovinos (raza Romney) bajo las mismas condiciones y siendo un grupo homogéneo, existen algunos animales susceptibles (S) y otros resistentes (R) a la infección natural por NGE, esto fue determinado basándose en la eliminación de hgh. Las diferencias comienzan a partir de las doce semanas PI, donde los ovinos del grupo S se encuentran eliminando en promedio 2,000 hgh, mientras que los del grupo R es de 1,000 hgh; para la semana 16 PI el grupo S tiene una eliminación de 1,500 hgh y en el grupo R es de únicamente 500 hgh.

En el presente trabajo se encontraron diferencias en cuanto a la eliminación de huevos entre los animales de la raza BB-I, esto fue comprobado estadísticamente, por lo tanto, los animales BB fueron considerados como resistentes (BB-I-r) o

susceptibles (BB-I-s) a la infección por *H. contortus*. Cabe mencionar que la eliminación de huevos de los corderos BB-I-s y los C-I fue similar lo que es una evidencia clara de la susceptibilidad al parásito del subgrupo BB-I-s.

Cabe mencionar que la resistencia contra NGE es una característica innata, además de ser heredable y controlada por genes (Amarante y col., 1999). Algunas investigaciones recientes sugieren que pueden existir algunas relaciones importantes e interacciones entre la adición a la dieta de proteína y la resistencia genética del hospedador a las infecciones por NGE, se cree que el efecto de la suplementación de proteína estimula la respuesta de Ig A (Baker, 1999).

La respuesta directa a la selección a largo plazo para resistencia o susceptibilidad a las infecciones provocadas por NGE, basándose en la eliminación de hgh, tanto en infecciones naturales como artificiales, ha sido bastante consistente en los estudios de Australia y Nueva Zelanda. La resistencia genética es una característica heredable, en un rango de 0.2-0.3, investigaciones en Kenya han encontrado que la heredabilidad por conteo de huevos en heces en los corderos Red Maasai resistentes es de 0.06 que fue mucho más bajo que lo estimado en corderos Dorper susceptibles 0.35, sugieren que esta diferencia en la heredabilidad pudiera ser debido a muchos siglos de selección natural, por otro lado, se ha reportado que los corderos Scottish Blackface resistentes producen más Ig A específicas contra los parásitos que los susceptibles, la explicación de como las Ig A regulan el crecimiento de los parásitos no está bien determinada, pero se ha sugerido que esta puede deberse a que el parásito secreta enzimas que son esenciales para la predigestión de su alimento y las Ig A participan neutralizando dichas enzimas (Baker, 1999).

Por otro parte, es sabido que los hábitos hematófagos de *H. contortus* en el animal puede desarrollar anemia. Se ha estimado que por cada nematodo adulto de este parásito se pierden hasta 0.05 ml de sangre al día, tanto por la que ingiere el parásito, como por la hemorragia en la lesión que ocasionó, por lo tanto, un ovino con 5,000 gusanos adultos pierde 250 ml de sangre diariamente (Coop y Christie,

1988; Urquhart y col., 1996). Esta anemia se manifiesta por la palidez de las mucosas (principalmente la conjuntiva y la de las encías). Los daños más severos se producen cuando las larvas emergen de las glándulas y se alimentan de sangre, se ha visto que a los 35 días hay pequeñas úlceras con hemorragias capilares (Coop y Kyriazakis, 1999; Meana y Rojo, 1999).

Un indicador objetivo del grado de anemia es el volumen del paquete celular (VPC), el cual fue medido en este trabajo y tuvo un comportamiento muy distinto en los animales de las dos razas evaluadas. Para los animales Columbia, los corderos C-I presentaron un descenso marcado en comparación a los corderos de esa raza que no fueron infectados (C-T), esa diferencia fue más notoria entre los 35 días dpi hasta la última evaluación (98 días dpi), siendo en este momento del 9%. Por su parte, los ovinos Blackbelly, tanto los no infectados como los parasitados (BB-I-r y BB-I-s) tuvieron un comportamiento bastante similar a través de todo el periodo de evaluación. Cuando se compararon los animales infectados de ambas razas se encontraron importantes diferencias entre ellos, disminuyendo notablemente los valores del VPC en los corderos C, particularmente del día 49 al 98 dpi. No obstante que ocurrió esa diferencia en los valores del VPC, tanto de los animales C-T como los C-I, siempre se mantuvieron por encima del valor promedio normal (27%) según los datos de referencia de Schalm y col. (1975) y Jain (1993).

De lo anterior se desprende que los ovinos de la raza C que recibieron una infección experimental con *H. contortus* padecieron más severamente la parasitosis en contraposición a los corderos BB, tanto resistentes (BB-I-r) como susceptibles (BB-I-s), lo que denota una mayor susceptibilidad al nematodo lo cual, como ya se mencionó, también resultó evidenciado por una mayor eliminación de huevos.

En lo que se refiere a la coloración de la mucosa conjuntival como sugestivo de anemia, basándose en la escala del sistema FAMACHA, que fue diseñado para la desparasitación selectiva en aquellos lugares donde se ha detectado resistencia a antihelmínticos (Vatta y col., 2002) y consta de cinco grados o índices de

coloración de la mucosa, considerando el índice 1 como óptimo y el grado 5 que sugiere una anemia severa (Van Wyk y Bath, 2002). En los animales de la raza C inoculados con *H. contortus* se observó una disminución de la coloración de la mucosa conjuntival (incremento en el índice FAMACHA), siendo menos notorio ese comportamiento en los corderos BB que fueron parasitados experimentalmente.

No existen antecedentes del uso del sistema FAMACHA bajo condiciones de infecciones experimentales por NGE, los datos disponibles se refieren a la utilización de este sistema como una estrategia más en el control integrado de NGE en ovinos (Van Wyk y Bath, 2002; Cervantes, 2005). Bajo condiciones de una infección natural por NGE, donde *H. contortus* es el NGE más frecuente, más del 70% de la población evaluada en ovinos de distintas razas tiene índices FAMACHA de 1 y 2 y menos del 30% los índices 3, 4 y 5 (Van Wyk y col., 2002). En el presente trabajo no se encontraron animales que tuvieran índices superiores a 3, posiblemente debido al buen estado nutricional en que se mantuvieron. Es conocido que una nutrición adecuada, particularmente en lo referente a la proteína y energía, favorecen una menor expresión de los signos clínicos de hemocosis (Abbott y col., 1986).

En ese sentido, para cada una de las razas evaluadas ocurrieron situaciones diferentes, para los ovinos C-1, que si estuvieron fuertemente parasitados y su efecto (medido por los valores del VPC e índice FAMACHA) fue notorio, estuvieron en un estado de resiliencia, que se ha descrito como la capacidad del hospedador de soportar una carga parasitaria sin afectar sus niveles de producción (Van-Houtert y Sykes, 1996). Por su parte, los corderos BB-1, que a pesar de que recibieron igual número de parásitos, eliminaron menos huevos y sus parámetros sanguíneos y coloración de la mucosa conjuntival fueron similares a los animales no parasitados, son considerados resistentes a la infección parasitaria por *H. contortus*, cabe mencionar que ese término se ha definido como la habilidad de un animal para iniciar y mantener una respuesta que evite o reduzca el

establecimiento de los parásitos o elimine la carga parasitaria (Stear y Murray, 1994).

Lo anterior quedó demostrado cuando se calcularon las correlaciones entre los parámetros de interés para el presente trabajo (eliminación de huevos, PVC e índice FAMACHA), donde fueron muy variables y muy pocas fueron significativas. Es importante mencionar que una de las características que permitieron desarrollar y validar el sistema FAMACHA, fueron las altas correlaciones significativas entre la eliminación de huevos y el VPC y entre éste y la coloración de la mucosa ocular. Van Wyk y col. (2002) reportan una correlación significativa de 0.49 entre el índice FAMACHA y el porcentaje del VPC. Se ha calculado que este sistema tiene una sensibilidad entre el 76 al 85%, sin embargo, su especificidad es baja, entre el 52 y 55% (Vatta y col., 2001), esto último significa que a través del sistema FAMACHA es difícil distinguir aquellos animales que padecen anemia por otras causas, tales como la malnutrición, deficiencias minerales, fasciolosis, etcétera. No obstante lo anterior, en una evaluación entre 9 y 12 meses, se ha reducido hasta en un 86.1% el número de animales que se deben desparasitar en un rebaño infectado con NGE (Sotomaior y col., 2003). Esos mismos autores encontraron que el 42.8% de los animales nunca requirieron el tratamiento antihelmíntico.

Conclusiones

Después de evaluar el sistema FAMACHA en ovinos de las razas Columbia (C) y Blackbelly (BB) que fueron infectados en forma artificial con *Haemonchus contortus*, de estudiar la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh), el volumen del paquete celular (VPC), el índice FAMACHA y las correlaciones entre esas variables, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Existieron diferencias marcadas en la eliminación de huevos de *H. contortus* en ovinos C-I y BB-I, los de la raza BB tuvieron menores eliminaciones de huevos.

Estadísticamente se encontraron dos subgrupos de ovinos de la raza BB, uno con menor eliminación de huevos (BB-I-r) y otro, con mayor excreción de huevos de *H. contortus* similar a los C-I, los cuales se consideraron susceptibles (BB-I-s).

El VPC y los índices del sistema FAMACHA tuvieron un comportamiento muy distinto en los animales de las dos razas evaluadas, siendo los ovinos C-I los que padecieron más severamente la parasitosis en contraposición a los corderos BB, tanto resistentes (BB-I-r) como susceptibles (BB-I-s), lo anterior denota una mayor susceptibilidad al nematodo en los ovinos de la raza C.

Los coeficientes de correlación entre los parámetros de interés para el presente trabajo (eliminación de huevos, PVC e índice FAMACHA), fueron muy variables y muy pocos fueron significativos. Esos resultados pueden ser consecuencia del buen estado nutricional en que se encontraban los animales.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se concluye que: la validez del sistema FAMACHA es limitada para corderos de las razas Blackbelly y Columbia en estabulación, infectados artificialmente con *Haemonchus contortus* y que se encuentren en buen estado nutricional.

Bibliografía

- Abbott, E.M., Parkins, J.J., Holmes, P.H. 1986. The effect of dietary protein on pathophysiology of acute ovine haemonchosis. *Vet. Parasitol.* 20: 291-306.
- Amarante, A.F.T., Bangola, J.J., Amarante, M.R., Barbosa, M.A. 1997. Host specificity of sheep and cattle nematodes in Sao Paulo state, Brazil. *Vet. Parasitol.* 73 (1-2): 89-104.
- Amarante, A.F.T., Craig, T.M., Ramsey, W.S., El-sayed, N.M., Desouki, A.Y., Bazer, F.W. 1999. Comparison of naturally acquired parasite burdens among Floride Native, Rambouillet and crossbreed ewes. *Vet. Parasitol.* 85: 61-69.
- Baker, R. L. 1999. Genetics of resistance to endoparasites and ectoparasites. *Int. J. Parasitol.* 29: 73-75.
- Bath, G.F., Hansen, J.W., Krecek, R.C., Van Wyk, J.A., Vatta, A.F. 2001. Sustainable approaches for managing haemonchosis in sheep and goats. Final Report of FAO Technical Co-operation Project in South Africa. FAO.
- Bisset, S.A., Vlassoff, A., Wets, C.J., Morrison, L. 1997. Epidemiology of nematodosis in Romney lambs selectively bred for resistance or susceptibility to nematode infection. *Vet. Parasitol.* 70: 255-269
- Campos, R.R., Herrera, R.D., Quiroz, R.H. 1992. Diagnóstico *in vitro* de *Haemonchus contortus* resistente al albendazol, fenbendazol, oxfendazol, y febantel en tres rebaños ovinos Tabasco o Pelibuey. *Vet. Mex.* 23(1): 51-56.

Cervantes R.M.T 2005. Detección de resistencia a antihelmínticos en ovinos infectados naturalmente con nematodos gastroentéricos y el uso del sistema FAMACHA como método alternativo de control. Tesis de Maestría. FES Cuautitlán, UNAM.

Chartier, C., Pors I., Hubert, J., Rocheteau, D., Benoit, C., Bernard, N. 1998. Prevalence of antihelmintic resistant nematodes in sheep and goats in Western France. *Small Ruminant Res.* 29: 33-41.

Chávez, H.A., Fernández, M.S. 2003. Evaluación de la eliminación de huevos de nematodos gastroentéricos y oocistas de *Eimeria* sp en corderos bajo dos sistemas de manejo en condiciones trópico subhúmedo. Tesis de licenciatura. FES Cuautitlán, UNAM.

Coop, R.L., Christie, M.G. 1988. Gastroenteritis parasitaria. En: *Enfermedades de la oveja*. Edit. por Martin, W.B. Editorial Acribia. España.

Coop, R.L., Kyriazakis, I. 1999. Nutrition-parasite interaction. *Vet. Parasitol.* 84: 187-204.

Cuéllar, O.J.A. 2003. La resistencia a antihelmínticos y métodos para reducir su presencia en los sistemas ovinos tropicales. Mem. Segundo Seminario de Producción Intensiva de Ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.

Datta, F.U., Nolan, J.V., Rowe, J.B., Gray, G.D. 1998. Protein supplementation improves the performance of parasited sheep fed a straw-based diet. *Int. J. Parasitol.* 28 (8): 1269-1278.

Datta, F.U., Nolan, J.V., Rowe, J.B., Gray, G.D. 1999. Long-term effects of short-term provision of protein-enriched diets on resistance to nematode infection, and live-weight gain and wool growth in sheep. *Int. J. Parasitol.* 29 (3): 479-488.

Domínguez, T.I.A., Cuquerella, M., Gómez, M.M., Méndez, S., Fernández, P.F., Malunda, J. 2000. Vaccination of Manchego lambs against *Haemonchus contortus* with somatic fraction (p26/23) of adult parasites. *Parasite Immunol.* 22 (3): 131-138.

Edwards, J.R., Wroth, R., de Chaneet, G.C., Besier, R.B., Karlsson, J., Morcombe, P.W., Dalton, M.G., Roberts, D. 1986. Survey of antihelmintic resistance in Western Australian sheep flocks. I. Prevalence. *Aust. Vet. J.* 63: 135-138.

Figueroa, C.J.A., Méndez, M.R.D., Berruecos, V.J.M., Álvarez, L.J.A. 2000. Detección de resistencia en *Haemonchus contortus* al sulfóxido de albendazol inyectado mediante la prueba de campo de reducción de huevos en ganado ovino. *Rev. Méx.* 31(4): 309-312.

Fox, M.T. 1997. Pathophysiology of infection with gastrointestinal nematodes in domestic ruminants: recent developments. *Vet. Parasitol.* 72(3-4): 285-297.

Fraser, A., Stamp, J.T. 1989. *Ganado ovino, producción y enfermedades.* Mundi Prensa, España.

Gómes, A.P., Araujo, J.V., Ribeiro, R.C. 1999. Differential *in vitro* pathogenicity of predatory fungi of the genus *Manocrosporium* for phytonematodes, free-living nematodes and parasitic nematodes of cattle. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 32(1): 79-83.

González, G.R., Torres, H.G., Nuncio, O.M.G.J., Cuéllar, O.J.A., Zermefio, G.M.E. 2003. Detección de eficacia antihelmíntica en nemátodos de ovinos de pelo con la prueba de reducción de huevos en heces. *Livestock Res. Rural Development.* (15):12-2003.

Hong, C., Hunt, K.R., Coles, G.C. 1996. Occurrence of antihelminthic resistant nematodes of sheep farms in England and goat farms in England and Wales. *Vet. Rec.* 139: 83-86.

Jain, N.C. 1993. *Essentials of veterinary hematology*. Ed. Lea and Febiger, Philadelphia, EUA.

Kassai, T. 2002. *Helminthología veterinaria*. Acribia, España.

Knox, M.R., Steel, J.W. 1999. The effects of urea supplementation on production and parasitological response of sheep infected with *Haemonchus contortus* and *trichostrongylus colubriformis*. *Vet. Parasitol.* 83(2):123-135

López, T.V., Cuadón, M.R. 2004. Detección de nematodos gastroentéricos con resistencia a antihelmínticos en rebaños ovinos de los estados de Hidalgo y México. Tesis de licenciatura. FES Cuautitlán, UNAM.

López, H.S., Gaxiola, C.S., Vázquez, P.V. 2003. Experimental infection with *Haemonchus contortus* in three breeds of sheep. Mem. V International Seminar in *Animal Parasitology*, Mérida, Yucatán, México.

Malan, F.S., Van Wyk, J.A., Wessels, C. 2001. Clinical evaluation of anaemia in sheep: early trials. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 68: 165-174.

Meana, M.A., Rojo, V.F.A. 1999. Trichostrongilosis y otras nematodosis. En: *Parasitología veterinaria*. Edit. Por Cordero, C.M y Rojo, V.F.A. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. México.

Mendoza, G.P.M., Flores, C.J., Herrera, R.D., Vázquez, P.V., Liébana, H.E., Ontiveros, F.G.E. 1998. Biological control of *Haemonchus contortus*, infective larvae in ovine faeces by administering and oral suspension of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores to sheep. *J. Helminthol.* 72 (4): 343-347.

Mendoza, G.P.M., Davies, K.G., Clark, S.J., Behnke, J.M. 1999. Predatory behaviour of trapping fungi against erf mutants of *Caenorhabditis elegans* and different plant and animal parasitic nematodes. *Parasitol.* 119: 95-114.

Montalvo, A.X., López, A.M.E., Vázquez, P.V., Liébano, H.E., Mendoza, G.P. 2003. Presence of antihelminthic resistance against gastro-intestinal nematodes in sheep farms in Tlaxcala, México. Mem. V International Seminar in Animal Parasitology, Mérida, Yucatán, México.

Navarre, C.B., Pugh, D.G. 2002. Diseases of the gastrointestinal system. In: *Sheep and Goat medicine.* by Pugh, D.G. Saunders Company. USA.

Newton, S.E., Munn, E.A. 1999. The development of vaccines against gastrointestinal nematode parasites, particularly *Haemonchus contortus* infection. *Parasitol. Today* 15 (3): 116-122.

Prichard, R.K., May, C.A., Kelly, J.D., Martin, C.A., Donald, A.D. 1980. The problem of antihelminthic resistance in nematodes. *Aust. Vet. J.* 56: 239-250.

Quiroz, R.H. 1989. *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos.* Editorial Limusa, México.

Schalm, O.W., Jain, N.C., Carroll, E.J. 1975. *Veterinary Hematology.* 3^{er} edición. Edit. Lea and Febiger. Philadelphia, USA.

Smith, W.D. 1999. Prospects for vaccines of helminthes parasites of grazing ruminants. *Int. J. Parasitol.* 29 (1): 17-24.

Sotomaior, C., Milczewski, V., Moraes, F.R., Schwartz, M.G. 2003. Evaluation of FAMACHA® System: Accuracy of anaemia estimation and use of the method on comercial sheep flocks. Mem. V Internacional Seminal in Animal Parasitology. Mérida, Yucatán, México.

Soulsby, E.J.L. 1988. Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos. 7ª ed. Editorial Interamericana. México.

Stear, M.J., Murray, M. 1994. Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. Vet. Parasitol. 54: 161-176.

Torres, A.F., Ortega, P.A., Aguilar, A. 2001. Medicina y enfermedades de ovinos y caprinos en el trópico. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.

Torres, A.J.F., Aguilar, C.A., LeBigot, C., Hoste, H., Canal, K.H.L., España, E.E., Vera, A.C., Uitz, R.J.G., Lozano, A.I. Heredia, L.J., Gutiérrez, S.I. 2001. Evaluando un esquema de color de mucosa ocular para diagnosticar la anemia en cabras Criollas en sistemas de producción de Yucatán, México. Memorias de la 16ª Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Veracruz, México.

Torres, A.J.F., Azul, C.U., Aguilar, C.A.J., Rodríguez, V.R.I. 2003a. Prevalence of benzimidazole resistant nematodes in sheep flocks in Yucatán, México. Vet. Parasitol. 144:33-42.

Torres, A.J.F., Roberts, B., Canto, D.J., Martínez, O.C., Rodríguez, J., Canal, K.L., Cob, G.L., Tirado, M.F., Aguilar, C.A. 2003b. Prevalence of sheep herds with gastrointestinal nematodes resistant to benzimidazoles, imidazothiazoles and macrocyclic lactones in Yucatán. Mem. V International Seminar in Animal Parasitology. Mérida, Yucatán, México. .

Trancy, P.M. 1989. Helminths of livestock and poultry in tropical Africa. En: Manual of Tropical Veterinary Parasitology. Edit. Por Shah-Fisher, M., Say, R. Editorial C.A.B International. Reino Unido.

Urquhart, M.G., Duncan, J.L., Jennings, F.W. 1996. Veterinary Parasitology. 2ª edición. Edit. Blackwell Science. Estados Unidos de América.

Van-Houtert, M.F.J., Sykes, A.R. 1996. Implications of nutrition for ability of ruminants to withstand gastrointestinal nematode infection. In, J. Parasitol. 26: 1151-1168.

Van Wyk, J.A. 2003. Think refugia or lost battle against drug resistance. Mem. V International Seminar in Animal Parasitology. Mérida, Yucatán, México.

Van Wyk, J.A., Van der Merwe, J.S., Vorster, R.J., Viljoen, P.G. 1999. Anthelmintic resistance in South Africa: surveys indicate an extremely serious situation in sheep and goat farming. Onderstepoort J. Vet. Res. 66 (4): 273-284.

Van Wyk, J.A., Bath, G.F., Malan, F.S. 2001. The need for alternative methods to control nematode parasites of ruminant livestock in South Africa. <http://www.fao.org/docrep/w9980t/w9980t05.htm>

Van Wyk, J.A., Bath, G.F. 2002. The FAMACHA® system for managing hemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. Vet. Res. 33: 509-529.

Vatta, A.F., Krecek, R.C., Letty, B.A., Van der Lynde, M.J., Grimbeek, R.J., de Villiers, J.F., Motswatswe, P.W., Molebiemang, G.S., Boshoff, H.M., Hansen, J.W. 2002. Incidence of *Haemonchus* spp. and effect on haematocrit and eye colour in goats farmed under resource-poor conditions in South Africa. Vet. Parasit. 13: 119-131.

Vatta, A.F., Letty, B.A., Van der Lynde, M.J., Van Wijk, E.F, Hansen, J.W., Krecek, R.C. 2001. Testing for clinical anaemia caused by *Haemonchus* spp. In goats under resource-poor conditions in South Africa using an eye colour chart developed for sheep. *Vet. Parasitol.* 99 (2001) 1-14.

Wallace, D.S., Bairden, K., Duncan, J.L., Eckersall, P.D., Fishwick, G., Gill, M., Holmes, P.H., McKellar, Q.A., Murray, M., Parkins, J.J., Stear, M.J. 1998. The influence of dietary supplementation with urea on resilience and resistance to infection with *Haemonchus contortus*. *Parasitol.* 116 (1): 67-72.

Waller, P.J., Echevarria, F., Maciel, S., Nari, A., Hansen, J.W. 1996. The prevalence of antihelmintic resistance in nematode parasites of sheep in Southern Latin America: General overview. *Vet. Parasitol.* 62: 181-187.

Wanyangu, S. W., Mugambi, J. M., Bain, R. K., Duncan, J. L., Murray, M., Otear, M. J. 1997. Response to artificial and subsequent natural infection with *Haemonchus contortus* in Red Maasai and Dorper ewes. *Vet. Parasitol.* 69: 275-282.

Woolaston, R.R., Elwin, R.L., Barger, I.A. 1992. No adaptation of *Haemonchus contortus* to genetically resistant sheep. *Int. J. Parasitol.* Vol. 22, No. 3: 377-380.