



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

CARACTERIZACION FENOTIPICA Y DE  
VIRULENCIA DE UNA CEPA DE *HAEMONCHUS*  
*CONTORTUS* DE ORIGEN OVINO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
P R E S E N T A :  
**FERNANDO RODOLFO HERNANDEZ MENDOZA**

ASESOR: M.C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ

COASESOR: DR. GUILLERMO VALDIVIA ANDA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

m346293



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

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:

Caracterización fenotípica y de virulencia de una  
cepa de Haemonchus contortus de origen ovino.

que presenta el pasante: Fernando Rodolfo Hernández Mendoza  
 con número de cuenta: 09626730-i para obtener el título de:  
Médico Veterinario Zootecnista

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

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuatitlán Izcalli, Méx. a 10 de Junio de 2005

PRESIDENTE	<u>Dr. Guillermo Tomás Oviédo Fernández</u>	<i>G. Oviédo F.</i>
VOCAL	<u>M.C. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz</u>	<i>J. Cuéllar</i>
SECRETARIO	<u>MVZ. Gloria Josefina Ortiz Gasca</u>	<i>G. Ortiz Gasca</i>
PRIMER SUPLENTE	<u>MVZ. Marco Antonio Mendoza Saavedra</u>	<i>M. Mendoza</i>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>QFB. Juana Alicia Alquicira Camacho</u>	<i>J. Camacho</i>

## AGRADECIMIENTOS

### **A mis padres:**

Que con su apoyo me hicieron posible llegar a este día.  
Gracias.

### **A Norma:**

Gracias por ser mi única amiga, por estar siempre conmigo y amarme como nadie.

### **A el Doc Alfredo Cuéllar:**

Por la oportunidad de colaborar con usted en este proyecto y ayudarme a alcanzar el primer logro de mi vida profesional, le doy las gracias.

### **A el Dr. Guillermo Valdivia:**

Gracias por su colaboración para el desarrollo de esta tesis.

## Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	3
Objetivos.....	15
Material y métodos.....	16
Resultados.....	21
Discusión.....	31
Conclusiones.....	37
Bibliografía.....	38

## Resumen.

Se caracterizó una cepa de *Haemonchus contortus* aislada en la FES Cuautitlán de un caso natural en ovinos del Estado de México, tomando en cuenta variables parasitológicas (comportamiento biológico y aspectos fenotípicos de las fases adultas) y algunas relacionadas con su virulencia.

Se utilizaron 9 corderos Columbia de 4 a 6 meses de edad, todos libres de nematodos gastroentéricos. Los animales se mantuvieron en estabulación total y en condiciones que impidieron la infección por parásitos. Se formaron cuatro grupos, que se infectaron una sola vez con 3,000 larvas en tercer estadio (L<sub>3</sub>), 5,000 L<sub>3</sub>, 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* y un grupo testigo sin infección. Durante 70 días, en forma semanal se colectó materia fecal, sangre completa, se registró el peso corporal, se calculó la condición corporal y se aplicó el sistema FAMACHA. Las muestras de heces se procesaron por medio de la técnica de Mc Master para conocer la cantidad de huevos de *H. contortus*. La sangre se procesó para conocer el porcentaje del volumen del paquete celular, cantidad de hemoglobina (g/dl), conteo de eritrocitos y proteínas plasmáticas. A los 71 días de la infección, todos los animales fueron sacrificados para la obtención y cuantificación de los parásitos adultos así como para conocer sus características morfológicas y calcular la prolificidad de las hembras de *H. contortus*.

Los resultados mostraron que la cepa de *H. contortus* en estudio tuvo un periodo de prepatencia de 16-18 días. El grupo de animales inoculados con 3,000 L<sub>3</sub> del nematodo, fueron los que alcanzaron la menor eliminación de huevos; los de 5,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* fueron los que excretaron una mayor cantidad de huevos, llegando a su pico máximo (79,050 hgh) en el día 57 posinoculación; los infectados con 10,000 L<sub>3</sub> llegar a su máximo también a los 57 dpi con 52,750 hgh. La cantidad de parásitos adultos varió en función a la dosis empleada y se logró una implantación del 22.8%, 45.0% y 26.2% para los animales que recibieron 3,000, 5,000 y 10,000 L<sub>3</sub> del nematodo respectivamente. La cantidad de hembras fue superior a la de machos en los animales de las tres dosis, aunque la proporción hembras:machos fue cercana a 1:1. La mayor prolificidad se encontró en los que recibieron 3,000 L<sub>3</sub>, con 64,143 huevos/hembra/día. Los animales que se inocularon con 3,000 y 5,000 L<sub>3</sub>, los nematodos tanto hembras como machos adultos tuvieron de tamaño similar, sin embargo, fueron más grandes que los parásitos de los animales que recibieron 10,000 L<sub>3</sub>. La forma y color de los adultos fueron los característicos de *H. contortus*.

En cuanto a la virulencia, animales del grupo testigo tuvieron una ganancia total de peso mayor (15.8 kg) que los corderos que fueron infectados (entre 11.2 y 12.9 kg), siendo el grupo inoculado con 10,000 L<sub>3</sub> el que obtuvo el menor peso (11.2 kg). La ganancia diaria de peso tuvo un comportamiento similar a la anterior, siendo mayor en los corderos no inoculados (287 g) y la menor en los que recibieron 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* (204 g). En lo que respecta a la evaluación de la condición corporal, los animales inoculados con 3,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* fueron los que más disminuyeron su condición corporal, los demás

mantuvieron una condición corporal relativamente estable. En cuanto a los parámetros sanguíneos evaluados, el grupo de corderos que no fueron inoculados mantuvieron los valores más elevados y constantes en relación a los que estuvieron parasitados, los animales que recibieron distintas dosis L<sub>3</sub> de *H. contortus*, mostraron una disminución paulatina pero considerable a partir de los 7 dpi en prácticamente todos los parámetros, ese decremento fue más marcado en los grupos de corderos inoculados con 5,000 y 10,000 L<sub>3</sub>. La evaluación clínica indirecta del grado de anemia, a través del sistema FAMACHA, se observó que los animales libres del parásito mantuvieron una coloración de la mucosa conjuntival con un índice FAMACHA promedio que osciló entre 1 y 1.7, por su parte los que fueron infectados con *H. contortus*, el índice se incrementó gradualmente siendo más notorio en los animales que recibieron 10,000 L<sub>3</sub>.

Se concluye que las características de la cepa de *H. contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán tiene particularidades en cuanto a su periodo de prepatencia y prolificidad de las hembras del nematodo. La eliminación de huevos, morfología y cantidad de las fases adultas, y la virulencia, medida como efecto en el cambio de peso, condición corporal, dinámica de parámetros hemáticos e índice FAMACHA, en los animales infectados artificialmente con la cepa en estudio, varió en función a la dosis de L<sub>3</sub> inoculadas.

## Introducción.

Los nematodos gastrointestinales son los parásitos más frecuentes de los rumiantes en todo el mundo, especialmente en zonas templadas y húmedas en animales de pastoreo, causando una gastroenteritis parasitaria, de curso crónico y mortalidad baja. La nematodiasis gastrointestinal se caracteriza por alteraciones digestivas, retraso del crecimiento, disminución de la producción, anemia y muerte. La intensidad de la parasitosis varía con la edad de los animales y con el sistema de producción (Quiroz, 2003; Meana y Rojo, 1999).

Esta parasitosis se adquiere en los sistemas productivos donde se practica el pastoreo y resulta un problema sanitario frecuente en los sistemas donde existen praderas irrigadas (Cuéllar, 1992).

Es una enfermedad multietiológica ocasionada por la acción conjunta de varios géneros y especies de nematodos, que comparten los bovinos, ovinos y caprinos y puede considerarse como un complejo parasitario, causante de un síndrome de mala digestión y, en consecuencia, de la absorción de nutrientes (Cuéllar, 1992).

De la amplia gama de nematodos que afecta a los ovinos sobresale *Haemonchus contortus* que por sus hábitos hematófagos se convierte en uno de los que tiene mayor grado de virulencia (Quiroz, 2003; Velasco, 1991).

El *Haemonchus contortus* tiene la siguiente clasificación taxonómica (Urquhart y col., 2001):

Reino: Animal

Phylum: Nematelminthes

Clase: Nematoda

Orden: Strongylida

Suborden: Strongylina

Superfamilia: Trichostrongyloidea

Familia: Trichostrongylidae

Subfamilia: Haemonchinae

Género: ***Haemonchus***

Especie: ***H. contortus***

Al *H. contortus* también se le conoce como el gran gusano del estómago y gusano del cuajar de los rumiantes (Soulsby, 1988).

El *H. contortus* se localiza en el abomaso preferentemente en la región fúndica, los machos miden de 19 a 22 mm y las hembras 25 a 34 mm de longitud. Como son hematófagos, en fresco son de color rojo debido a la sangre ingerida. El aparato genital de color blanco se enrolla en el intestino de color rojo lo que le da el aspecto de *palo de barbería*. La parte anterior se caracteriza por poseer papilas cervicales prominentes y espiniformes, también hay una pequeña cavidad bucal que contiene una lanceta dorsal (fig. 1) con la que erosiona la mucosa gástrica (Lapage, 1981; Meana y Rojo, 1999).

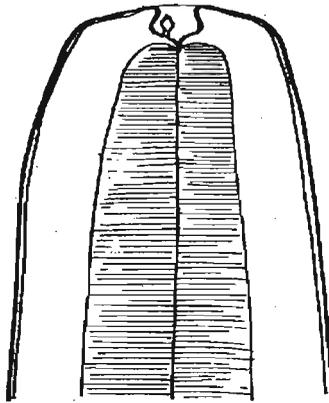


Figura 1. Parte anterior de *Haemonchus contortus*.  
Se observa su pequeña cápsula bucal con su lanceta.

La vulva de la hembra está cubierta normalmente por un proceso lingüiforme (solapa o labio vulvar), que suele ser grande y muy prominente, pero que puede aparecer reducido a una pequeña prominencia en forma de botón en algunos ejemplares (fig. 2). La bolsa del macho tiene lóbulos laterales alargados sustentados por radios largos y finos, el pequeño lóbulo dorsal es asimétrico y está desviado hacia el lóbulo lateral izquierdo siendo sustentado por un radio dorsal en forma de Y (fig. 3). Las espículas miden de 0.46-0.51  $\mu\text{m}$  de longitud y cada una lleva una pequeña lengüeta cerca del extremo, son órganos quitinosos y estos se insertan en la abertura genital de la hembra durante la cópula. El gubernáculo, también quitinoso, es una pequeña estructura que sirve de guía para las espículas durante la cópula (Soulsby, 1988; Urquhart y col., 2001).

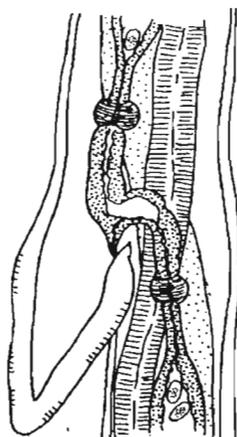


Figura 2. Lengüeta de la hembra de *Haemonchus contortus*.

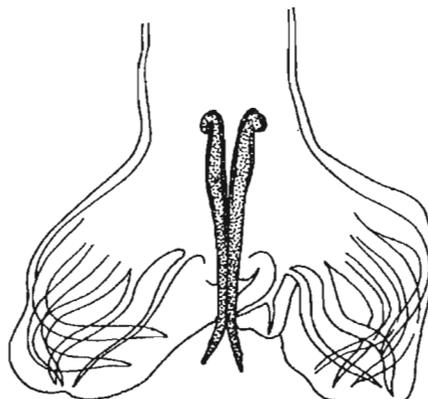


Figura 3. Parte posterior del macho de *Haemonchus contortus*. La bolsa copulatriz y sus dos espículas.

Los huevos son de forma ovoide incoloros y de cáscara fina (fig. 4), miden de 70-100  $\mu\text{m}$  de largo por 40-60  $\mu\text{m}$  de ancho y presentan de 16-32 blastómeros (Soulsby, 1988).

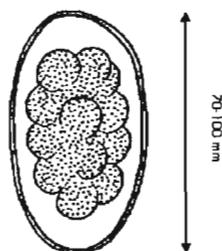


Figura 4. Huevo de *Haemonchus contortus*.

Los animales parasitados excretan huevos con sus heces que son prácticamente indiferenciables a los de otras especies excepto los de *Nematodirus* y *Marshallagia* que miden más de 130  $\mu\text{m}$  de longitud. Salen en fase de blástula. La excreción de huevos es variable y depende del hospedador y del parásito. *H. contortus* son parásitos muy prolíficos produciendo de 5,000-10,000 huevos al día (Meana y Rojo, 1999).

Se calcula que la longevidad de los adultos es de 6 a 12 meses y el tiempo de la máxima eliminación de huevos es de 4 a 6 meses (Borchert, 1975).

Una vez eliminados con las heces, si las condiciones son adecuadas, en el interior del huevo se desarrollan las larvas en primer estadio ( $L_1$ ), que eclosionan en la masa fecal, mudan dos veces pasando a  $L_2$  y  $L_3$  que ya son infectantes, las  $L_3$  retienen la cutícula de la fase anterior y emigran a la hierba donde permanecen hasta ser ingeridas por un hospedador (Meana y Rojo, 1999).

En circunstancias óptimas las  $L_3$  de *H. contortus* se forman entre los 5 y 14 días, aunque en condiciones naturales puede alargarse hasta 5 ó 7 meses. Dependiendo de las condiciones microambientales prevalecientes, los climas cálidos o templados con suficiente humedad aceleran esta fase y los climas fríos o la desecación la retardan, inhiben e incluso provocan la muerte de algunas larvas o huevos en sus diferentes estadios (Uriarte y Valderrabano, 1989).

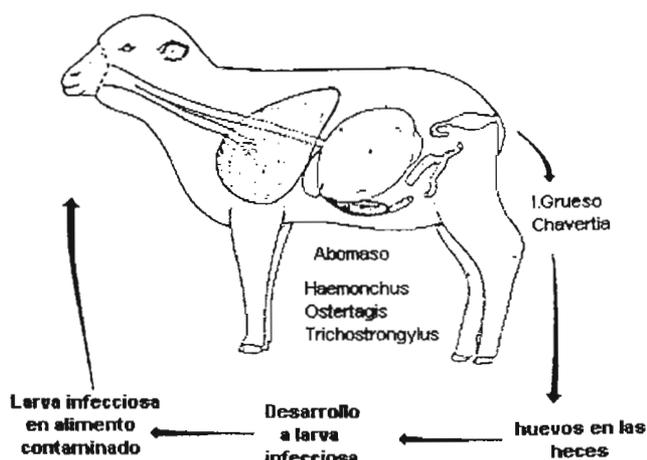


Figura 5. Ciclo biológico de *Haemonchus contortus* y otros NGE.

El ciclo biológico es directo, se divide en una fase no parásita (exógena) fuera del hospedador y otra fase parásita en su interior (endógena). El ciclo completo, comprendiendo las dos fases, tiene una duración de 28 a 35 días pero en situaciones prácticas se han detectado 3 ó 4 ciclos que se desarrollan básicamente durante épocas favorables para la fase exógena del ciclo (Carballo, 1987).

En la fase no parásita el huevo que se está segmentando cuando sale del hospedador, se desarrolla una primera larva ( $L_1$ ), que sale y se alimenta de bacterias de sus alrededores, al completar su crecimiento, muda su epidermis (primera ecdisis) y se transforma en larva dos ( $L_2$ ) que también se alimentan de

bacterias y crece hasta que madura, también muda su epidermis (segunda ecdisis) y se transforma en larva de tercer estadio (L3) que es la larva infectante (Lapage, 1981; Meana y Rojo, 1999), en esta segunda ecdisis la epidermis no se desecha, permanece como una envoltura suelta alrededor de la L3 y por lo tanto no puede alimentarse. Se mantiene de los gránulos de material alimenticio que ha sido almacenado dentro de las células que recubren su intestino. Esta envoltura protege a la larva de la desecación y otros factores ambientales de los cuales se encuentra expuestas fuera del hospedador y puede resistir así condiciones desfavorables sobre los pastos durante periodos variables, en esto difiere la L1 y L2, gran número de las cuales pueden resultar destruidas por la sequía y otros factores lesivos (Lapage, 1981; Urquhart y col., 2001).

Los factores relacionados con la sobrevivencia de las larvas de *H. contortus* son la temperatura, precipitación pluvial, luminosidad y tipo de pasto. La temperatura crítica por debajo de la cual el desarrollo no tiene lugar es de 12° C, comprendiendo un rango de 26 a 27° C el ideal para su desarrollo, por arriba de éste las larvas mueren. La humedad relativa para que las larvas se desarrollen oscila entre 70 al 100% de lo contrario éstas mueren (Meana y Rojo, 1999).

Los suelos arenosos son más favorables que los arcillosos para el desarrollo de las larvas (Quiroz, 2003). Las larvas poseen un geotropismo negativo, un hidrotropismo positivo y un fototropismo a la luz tenue, estos tropismos provocan una migración vertical hacia los pastos que favorece la infección de los rumiantes (Cuéllar, 1986; Liebano, 1998).

La dispersión horizontal de las larvas se da por factores como la lluvia, el mismo ganado con las patas, insectos y ácaros coprófagos, así como las esporas de hongos del género *Pilobulus* (Quiroz, 2003).

Otro factor ambiental es el sobrepastoreo que permite un incremento en la población de la infección y de la ingestión de un mayor número de larvas por animal (Cuéllar, 1986; Soulsby, 1988).

Para que la nematodiasis pueda presentarse debe existir un ambiente adecuado. La razón es que para adquirir esta enfermedad los animales requieren ingerir larvas infectantes que están presentes en el pasto, que actúa como vehículo para que la larva pueda introducirse al hospedador (Vázquez y Nájera, 1987). Los pastoreos diurnos facilitan la infección al ingerirse grandes cantidades de larvas infectantes que se encuentran en ese momento en las pequeñas gotas de rocío que se forman al amanecer. También los días nublados ejercen similar efecto sobre las larvas y favorecen a la parasitosis (Quiroz, 2003; Cuéllar, 1992).

Los ovinos se consideran la especie en que con mayor frecuencia se encuentran estos parásitos, asimismo son los animales más sensibles a la acción de los mismos. Influye el hecho de que pastorean al ras del suelo y son sumamente selectivos consumiendo forraje muy tierno que contiene mucha humedad y por lo

tanto con mayor posibilidad de tener gran cantidad de larvas infectantes (Cuéllar, 1986).

La infección de los animales se realiza por la ingestión de L<sub>3</sub> con la hierba. Tras la ingestión, aproximadamente a los 30 minutos, las larvas pierden la vaina en el aparato digestivo del animal por efecto de amortiguador bicarbonato-CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> gaseoso, etcétera, del hospedador, este estímulo hace que la larva segregue un fluido de muda que actúa sobre la cutícula provocando su ruptura, con lo que la larva ayudada por sus movimientos puede salir (Meana y Rojo, 1999).

Las larvas después de liberarse se localizan preferentemente en la mucosa fúndica. Una vez ahí, las larvas mudan otra vez y pasan a L<sub>4</sub> en el interior de las glándulas. Después de la última muda, se transforma en L<sub>5</sub> o preadultos que maduran sexualmente y pasan a adultos. Tras la cópula las hembras empiezan a poner huevos y se cierra el ciclo (Meana y Rojo, 1999).

En determinadas circunstancias, el desarrollo larvario en el hospedador puede detenerse durante cuatro o cinco meses inmediatamente después de formadas las L<sub>4</sub>. Aunque la naturaleza exacta del estímulo no está totalmente aclarada, el fenómeno denominado hipobiosis o inhibición larvaria, tiene lugar cuando las condiciones ambientales son adversas o a la resistencia del hospedador. En ausencia de hipobiosis, la duración de la prepatencia es de unos 20 días (Meana y Rojo, 1999).

Aunque son poco claros los mecanismos que favorecen el desenquistamiento de esas L<sub>4</sub> para continuar el desarrollo de su ciclo. La única evidencia que se tiene es el cambio de niveles hormonales (prolactina) de las ovejas que hace que se manifieste el fenómeno de *alza posparto* (Fleming y Conrad, 1989).

Uno de los factores más importantes en la epidemiología de las tricostrongilidosis es el fenómeno de *alza posparto* o *elevación periparto*, que constituye una importante fuente de contaminación en los animales. Consiste en un incremento en la excreción fecal de huevos (Meana y Rojo, 1999).

Existe una relajación de la inmunidad alrededor del parto y la lactación, esto se ha asociado a un aumento de prolactina. Inmunológicamente existe una marcada supresión del fitomitoígeno y de la respuesta inmunológica mediada por células contra el antígeno específico de *H. contortus*, así como en la disminución de blastogénesis de linfocitos en la sangre periférica, resultando en un aumento en la eliminación de huevos en este tiempo (Gibbs, 1986; Soulsby, 1988). Durante este periodo, hay estimulación hormonal hipotálamo pituitaria, que también ejerce acción sobre las larvas que están en estado hipobiótico, favoreciendo que continúe su desarrollo (Quiroz, 2003).

En cuanto a su edad, los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos debido a la falta de anticuerpos, a la primoinfección y a la falta de madurez del sistema inmunológico (Quiroz, 2003).

El término *resistencia a nematodos* ha sido definido como la habilidad de un hospedador para iniciar y mantener una respuesta que evite o reduzca el establecimiento de los parásitos o elimine la carga parasitaria (Albers y Gray, 1987). Los ovinos y caprinos nativos son considerados más resistentes de adquirir la enfermedad en relación con los animales exóticos, ya que los primeros han tenido con el paso del tiempo una selección natural sobreviviendo los animales más resistentes a los parásitos gastrointestinales de la región (Cuéllar, 1986). Los animales resistentes no son completamente refractarios a la enfermedad, solo albergan menos parásitos que los animales susceptibles y por lo tanto eliminan menos huevos en heces. También se ha demostrado que algunas razas de ovinos son más resistentes que otras a los nematodos gastroentéricos (NGE). Algunas de las razas en las que se ha demostrado esta resistencia son: Blackbelly (Yazwinski y col., 1980), Florida (Torres y col., 1994), St. Croix, Katahdin (Parker y col., 1993), Red maasai (Mugambi y col., 1996), Nali (Singh y col., 1997), Polaca de lana larga (Bouix y col., 1998), Nativa de Louisiana (Miller y col., 1998), Florida y sus cruza (Amarante y col., 1999) y Castellana (Gómez y col., 1999).

Por otro lado, se han realizado evaluaciones dentro de raza, encontrando que existe una variabilidad genética individual lo que ha obligado a la selección de aquellos animales con una reducida eliminación de huevos en las heces (Hood y col., 1999). Dicha variabilidad probablemente está basada en la capacidad individual de responder inmunológicamente contra los parásitos (Pernthaner y col., 1995; Parnthaner y col., 1996) y es una característica altamente heredable (Sreter y col., 1994).

La disminución del contenido proteico de la dieta así como animales desnutridos serán más susceptibles de adquirir la parasitosis, ya que el nivel inmunológico se encuentra deprimido (Quiroz, 2003). El *H. contortus* al encontrarse en el abomaso produce afectaciones en las glándulas parasitadas, después de la penetración y crecimiento de las larvas en las glándulas gástricas, las larvas ejercen una acción mecánica por presión y obstrucción de las células y tejidos vecinos. La salida del parásito produce lisis en las células parietales productoras de ácido clorhídrico (HCl) y las cimógenas productoras de pepsinógeno, y son remplazadas por células no diferenciadas (Fox, 1997; Simpson y col., 1997; Meana y Rojo, 1999; Cuéllar y col., 2003).

La parasitosis en el abomaso da lugar a la disminución del ácido clorhídrico, que facilita el aumento de pH gástrico coincidiendo con la emergencia de las L<sub>4</sub> de la mucosa gástrica (Meana y Rojo, 1999).

Las L<sub>4</sub> y L<sub>5</sub> succionan sangre ocasionando lesiones hemorrágicas en la mucosa del abomaso, además junto con los adultos irritan la mucosa del abomaso provocando una inflamación (gastritis catarral) (Jubb y Kenedy, 1974; Lapage, 1981; Dunn, 1983). La acción expoliatriz del estado adulto es hematófaga y se

calcula que el consumo diario de sangre es de 0.05 ml por gusano (Dunn, 1983; Soulsby, 1988; Quiroz, 2003).

Las secreciones del líquido de la muda durante su tercera ecdisis ejercen una acción alergénica y produce una respuesta inmune local de hipersensibilidad (Tizard, 1986; Quiroz, 2003; Simpson, 1997).

El aumento del pH gástrico repercute negativamente en la digestión proteica, debido a que el pepsinógeno no se transforma en pepsina y las proteínas no pueden ser aprovechadas; ocasionando también un aumento del pepsinógeno plasmático (Meana y Rojo, 1999). Cabe mencionar que la acción proteolítica óptima de la pepsina es con un pH de 1.3 (Levine, 1978; Gürtler y col., 1987; Frandson y Spurgeon, 1995).

Los signos del cuadro clínico de las nematodiasis gastroentérica varían según la especie de nematodos presentes en la infección y el estado nutricional del animal. Se debe considerar que en la mayoría de los casos la presencia de parásitos pasa inadvertida por la ausencia de signos clínicos (parasitosis subclínica), siendo el mejor momento para el control antiparasitario (Cuéllar, 1986).

El desarrollo del parasitismo clínico depende no solo del número y la actividad de los parásitos, sino también de la edad, resistencia y estado nutricional del hospedador, así como de las condiciones climatológicas y prácticas de manejo, además de tomar en cuenta si es una especie con elevada susceptibilidad a la enfermedad (Quiroz, 2003).

Los corderos y ovinos jóvenes afectados por la hemoncosis en forma aguda se les encuentran muertos sin mostrar ningún signo clínico, que puede deberse a la pérdida de sangre y en ocasiones se puede acompañar por pérdida de peso. En casos crónicos se observa pérdida de apetito, mucosas y conjuntivas pálidas, edema submaxilar, debilidad muscular, marcha tambaleante, diarrea, rezagos, vellón quebradizo y baja producción láctea (Cuéllar, 1986; Quiroz, 2003).

En cuanto a las lesiones asociadas a la infección por *H. contortus*, en el abomaso se observan diferentes grados de ulceración, la mucosa está hiperémica y engrosada, con presencia de coágulos en los puntos donde el gusano succiona sangre (Lapage, 1981; Blood y Radostits, 1992; Meana y Rojo, 1999). La salida del parásito produce lisis de las células de las glándulas estimulando la rápida división celular y origina una marcada hiperplasia con engrosamiento de la mucosa y aumento de células plasmáticas. En la infección por *H. contortus* los daños más graves se producen una vez que las larvas han emergido de las glándulas y se debe a la hematofagia. Se ha observado que a los 30 minutos siguientes a la infección produce un aumento del diferencial del potencial transmural (DPT) incrementando la concentración de iones carbonato ( $\text{HCO}_3$ ), que contribuye al incremento de pH gástrico dando lugar a la disminución en la producción de HCl y aumentando el pH gástrico llegando incluso a valores

superiores a 7 para el caso de *Ostertagia ostertagi* y *Teladorsagia circumcincta* (Meana y Rojo, 1999). El pH adecuado para una mejor viabilidad es  $\geq 4.5$  en el caso de *H. contortus* (Simpson, 1997). El pH normal del abomaso de los ovinos oscila en el transcurso del día entre 2 y 3 (Güertler y col., 1987). También aumenta la síntesis de gastrina, que va acompañada de un aumento de la contractilidad del abomaso y el peristaltismo intestinal (Meana y Rojo, 1999).

La acción tóxica es generada por las sustancias anticoagulantes que infiltran en los tejidos para succionar sangre alrededor de las úlceras que provoca (Quiroz, 2003). Se ha detectado la actividad enzimática que degradan una gran cantidad de proteínas naturales (fibrinógeno, hemoglobina, plasminógeno y albúmina). No se conocen las características bioquímicas y funciones específicas, se cree que el papel de la hemoglobinasa descrita en los macerados de *H. contortus* tienen que ver con la nutrición del parásito (Cuéllar, 2003).

El contenido gástrico es de color pardo rojizo y la presencia de los gusanos en la mucosa gástrica. Además hay deshidratación, anemia, diarrea, mucosas pálidas, sangre acuosa, se observa degeneración grasa del hígado encontrándose de color pardo y friable, las vísceras están extremadamente pálidas y hay presencia de líquido en cavidad abdominal, torácica y pericárdica (Lapage, 1981; Meana y Rojo, 1999).

En lo referente al aspecto inmunológico en las infecciones por NGE, la combinación de antígenos de helmintos con IgE fijada sobre las células cebadas tienen como resultado la degranulación de dichas células con liberación de enzimas vasomotoras, estos compuestos estimulan la contracción del músculo liso y aumenta la permeabilidad vascular, por lo tanto, en la reacción de autocura se observan reacciones violentas de la musculatura intestinal con aumento de la permeabilidad de los capilares locales lo que permite la salida del líquido a la luz del intestino, este fenómeno tiene como resultado el desalojo de los gusanos implantados en la mucosa digestiva del animal (Tizar, 1998).

Las IgE desempeñan otros papeles en la disminución de la población de helmintos en los animales, por ejemplo, los macrófagos pueden fijarse en las larvas de los helmintos a través de un mecanismo que depende de la IgE hasta llegar a destruirlas, además estimula la liberación del factor quimiotáctico de anafilaxia (FQE-A) para utilizar los eosinófilos; éstos contienen enzimas capaces de neutralizar los agentes vasomotores liberados por las células cebadas, junto con anticuerpos y el complemento (Tizar, 1998).

Según Schallig (2000), los anticuerpos antiparasitarios contribuyen a la resistencia por neutralización o inactivación de enzimas metabólicas vitales de *H. contortus*. Se ha observado una correlación negativa entre la magnitud de respuesta de IgA de la linfa gástrica y sugiere que los anticuerpos IgA pueden interferir en la habilidad del parásito para alimentarse. Está demostrada la habilidad de la IgA secretada que induce la degranulación de eosinófilos. La ligadura del complejo inmune IgA/antígeno a las células inflamatorias en la

mucosa y la subsecuente liberación de citocinas y mediadores inflamatorios. Y las propiedades citofílicas de la IgG<sub>1</sub> para las células cebadas.

Los eosinófilos se unen a los helmintos por medio de la IgE y luego se degranulan liberando el contenido de sus gránulos sobre la cutícula del helminto, la proteína básica principal de los gránulos pueden lesionar directamente la cutícula y también favorecer la adherencia de más eosinófilos, esta acción citotóxica aumenta en presencia de la histamina y el complemento (Tizar, 1998).

Por otro lado, es bien conocido que los linfocitos juegan un papel importante en la generación de la respuesta inmune contra los helmintos. Los ovinos que tienen repetidas infecciones o son inmunizados contra *H. contortus* generalmente tienen linfocitos que responden a la proliferación *in vitro* a los antígenos del parásito. Además se ha demostrado que los linfocitos de cordero siempre de animales totalmente libres de *H. contortus*, proliferaron en respuesta a los antígenos solubles de L<sub>3</sub>. Se sugiere que tales linfocitos pueden ser importantes en la resistencia innata de los ovinos a ese parásito, de esta manera, ovinos libres de parásitos que tienen una gran cantidad de linfocitos que responden a antígenos que inducen respuesta, tienen una menor susceptibilidad a la infección experimental (Schallig, 2000).

Para el diagnóstico de la nematodiasis gastrointestinal se deben considerar los antecedentes sanitarios y el manejo del rebaño, aunque algunos signos clínicos son sugestivos de este problema se debe comprobar la enfermedad enviando muestras de excremento al laboratorio, colectadas del recto de los animales para examinarlos y detectar huevos eliminados por los parásitos. Esto se hace de forma cuantitativa mediante la técnica de Mc. Master y cualitativamente mediante cultivos larvarios (Cuéllar, 1986; Quiroz, 2003).

El diagnóstico diferencial debe realizarse con la fasciolosis, coccidiosis, cestodosis (monieziosis), enfermedades bacterianas (paratuberculosis, linfadenitis caseosa), malnutrición, problemas de dentición (Quiroz, 2003).

Existe una gran variedad de principios activos contra la haemoncosis (Cuéllar, 1986; Meana y Rojo, 1999), entre ellos están:

Benzimidazoles: albendazol, oxfendazol, fenbendazol, tiabendazol.

Probenzimidazoles: febantel, tiofanato, netobimín.

Imidazotiazoles: levamisol.

Lactonas macrocíclicas: ivermectina, moxidectina, doramectina.

Salicilanilidas: closantel

La elección de esos medicamentos dependerá del costo, eficacia del producto, otros parásitos presentes y la presencia de cepas de parásitos resistentes (Meana y Rojo, 1999).

El uso inadecuado de antihelmínticos por largos periodos como única medida de control ha favorecido la aparición de cepas de *H. contortus* resistente a esas drogas, por lo tanto, deben considerarse otras opciones de control (Torres, 2000).

Para el control de *H. contortus* deben conocerse algunos aspectos de la región, tales como la distribución de las lluvias, tipo de explotación intensiva y/o extensiva; en el caso de la extensiva conocer el tipo de propiedad de la tierra (comunal, o propiedad), especies que pastorean a sí como su edad, el tipo de parásito más común en el área y la disponibilidad de mano de obra.

El control se basa en dos principios (Torres, 2000):

1. Romper el ciclo biológico del parásito mediante el uso de antihelmínticos, manejo de praderas, control biológico e higiene de las instalaciones.
2. Favorecer la respuesta inmune de los animales, mediante vacunas, selección genética (animales resistentes) y mejoramiento nutricional de la dieta.

Es importante puntualizar en el hecho de que la enfermedad parasitaria no es solo el resultado de la simple relación hospedador-parásito, sino más bien es consecuencia de la conjunción de diversos factores, que al presentarse y muchas veces al interactuar entre sí, hacen que el problema se presente. Por lo tanto, el simple uso de fármacos antiparasitarios, solo lleva a un control parcial de la parasitosis si no son modificadas aquellas situaciones que la favorecen (Cuéllar, 1992).

Un control integral se realiza mediante el uso de antihelmínticos combinados con otras medidas, el correcto manejo de praderas como producción de pastos limpios, pastoreo alternativo con otras especies, pastoreo alternativo con ovinos inmunológicamente resistentes, y rotación de potreros previene la ingesta de pasturas contaminadas, selección genética destinada a incrementar la resistencia, tolerancia o resiliencia natural contra los parásitos del rebaño, vacunas, mejoramiento nutricional, el mejoramiento del estado fisiológico del animal y la suplementación proteica de los corderos (Dunn, 1983; Soulsby, 1988).

La buena nutrición incrementa la resistencia de los ovinos contra la infección de *H. contortus*. La suplementación con proteína ha demostrado mayor capacidad para controlar los efectos tales como anemia e hipoproteïnemia (Torres, 2000).

Se recomienda pastorear a los animales después de que los rayos solares han secado las gotas de rocío, donde las L<sub>3</sub> infectantes se han concentrado durante las primeras horas de la mañana (Aumont y col., 1991 citado por Morales y Pino, 2003).

Por otra parte, es importante mencionar que las fases libres de NGE de los rumiantes tienen más de 200 especies de hongos capaces de utilizar los estados

larvarios de los parásitos como fuentes nutritivas, estos hongos deben ser capaces de atravesar el tracto digestivo de los animales, sin ser destruidas, germinar, crecer, atrapar y destruir las larvas de NGE en las heces, entre estos hongos están *Duddingtonia flagrans* y *Arthrobotrys oligospora* (Saumell y Fernández, 2000; Torres, 2000).

No existe todavía una vacuna en el mercado contra *H. contortus*, se han realizado trabajos en la elaboración de una vacuna con antígenos ocultos para inmunizar ovinos, el antígeno usado es una proteína de la membrana intestinal de *H. contortus* el cual se ha encontrado que es altamente protectoro contra este parásito, se ha comprobado que las inmunoglobulinas protectoras se adhieren al intestino del gusano que ha succionado sangre del hospedador. En los ovinos inmunizados con esa vacuna se suprimió la producción de huevos y las hembras adultas de *H. contortus* se eliminaron más rápidamente que los machos debido a que las hembras consumen mayor cantidad de sangre y por ende mayor cantidad de anticuerpos, los ovinos inmunizados mostraron mayor ganancia de peso que en los ovinos del grupo no inmunizado (Smith y Smith, 1993).

Con la finalidad de llevar a cabo trabajos controlados referentes a la infección por *H. contortus*, se hace necesario contar con una cepa del nematodo bien caracterizada que permita la repetibilidad de los mismos y la confiabilidad de los resultados. En ese sentido, Ramírez (2004) logró el aislamiento de la cepa de *Haemonchus contortus* de origen ovino de una explotación ovina particular de Jilotepec, Estado de México, presentaba un cuadro clínico evidente de la parasitosis con baja condición corporal, edema submandibular, palidez de la mucosa conjuntival y debilidad.

Finalmente, es importante caracterizar parasitológicamente dicha cepa de *H. contortus* para contar con los elementos necesarios relativos al conocimiento de ese nematodo para tener una referencia para los futuros trabajos.

### **Objetivo.**

Caracterizar una cepa de *Haemonchus contortus* de origen ovino aislada en Jilotepec y mantenida en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en cuanto a su comportamiento biológico, aspectos fenotípicos y algunos indicadores de virulencia.

## Material y métodos.

### Localización.

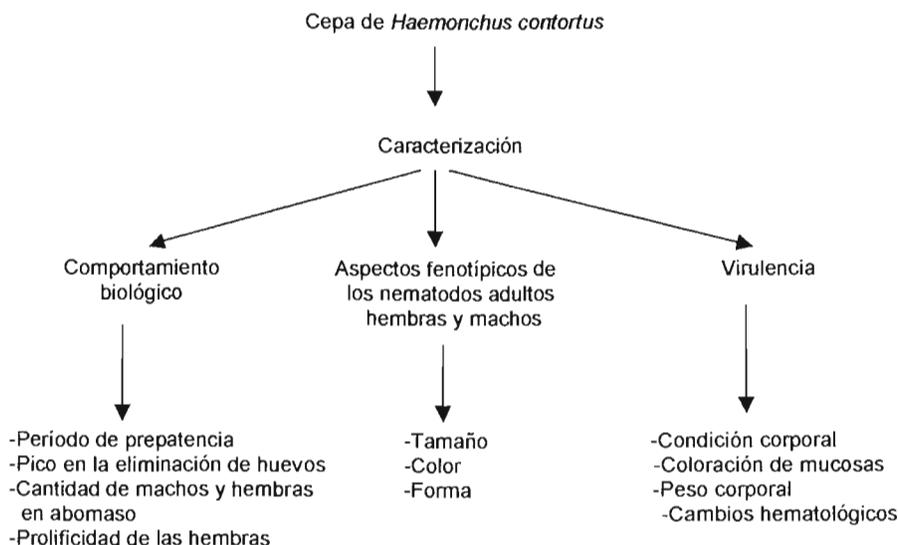
El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Coordinación General de Posgrado ubicadas en el Centro de Enseñanza Agropecuaria y el Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

### Animales.

Todos los ovinos de la raza Columbia que se emplearon para el desarrollo de este trabajo estaban libres de nematodos gastroentéricos (NGE). Se usaron nueve animales entre cuatro y seis meses de edad y se mantuvieron en corraletas por grupo. Su alimentación consistió en 80% de alimento balanceado (14% de PC) y 20% de forraje molido (mezcla de alfalfa achicalada y paja de avena). El agua estuvo disponible a libertad a través de un bebedero de pivote por corraleta.

### Diseño experimental.

Para la caracterización morfológica (fenotípica) y del comportamiento biológico de la cepa de *H. contortus* de origen ovino, se siguió el siguiente esquema de trabajo:



### Inoculación de ovinos con L<sub>3</sub> de *Haemonchus contortus*.

Se colectó materia fecal de un ovino donde se ha mantenido la cepa de *Haemonchus contortus* que originalmente fue aislada de un caso natural de nematodiasis en Jilotepec, México (Ramírez, 2004).

De la materia fecal se efectuaron cultivos larvarios con la finalidad de obtener la cantidad suficiente de L<sub>3</sub> de *H. contortus* necesaria para el presente trabajo. Para este fin se colocó materia fecal en cajas de *petri* con humedad suficiente y se incubaron a 27° C durante 7 días.

Se colectó la mayor cantidad de larvas y se constató la presencia de L<sub>3</sub> de *H. contortus*, se realizaron los inóculos necesarios. La inoculación fue vía buco-esofágica a través de una sonda para depositar las larvas directamente en el rumen del animal.

La inoculación fue de la siguiente manera:

Número de animales	Dosis de L <sub>3</sub> de <i>H. contortus</i>
2	3,000
2	5,000
2	10,000
3	0

Para verificar la infección se tomaron muestras de heces periódicamente para constatar la presencia de huevos en la materia fecal. Cuando se encontró la mayor eliminación de huevos en heces, los ovinos fueron sacrificados para la obtención y cuantificación de los nematodos adultos.

### Colección y procesamiento de muestras.

Las muestras de materia fecal se extrajeron directamente del recto del animal, después se colocaron en bolsas de polietileno que se identificaron con el número de arete del animal.

Las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta que fueron procesadas en el laboratorio de Parasitología mediante la técnica de Mc Master para la cuantificación de huevos que estaban eliminando los animales.

Se realizaron cultivos larvarios de aquellas muestras positivas a NGE con la finalidad de verificar la pureza de la cepa.

### **Aspectos relacionados con el comportamiento biológico de *Haemonchus contortus*.**

Se definió el periodo de prepatencia, que abarca del momento en que la fase infectante de un parásito entra al organismo del hospedador y hasta el momento en que inicia la eliminación de huevos.

Colectando muestras de heces periódicamente y haciendo el conteo de los huevos por la técnica de Mc Master se conoció en que momento los parásitos eliminaron la mayor cantidad de huevos.

### **Recolección y conteo de nematodos.**

En el laboratorio de parasitología se recuperó todo el contenido abomasal en recipientes por separado por cada animal sacrificado, se hizo un corte longitudinal sobre la pared del abomaso para exponer la mucosa y recuperar todos los nematodos adultos que se encontraban fijados a la mucosa, esto se realizó mediante arrastre con chorro de agua (Coyne y col., 1991; Coyne y Smith, 1992).

Una vez que se recuperó el contenido abomasal de cada uno de los animales, se colocó en recipientes, se homogeneizó y se pasó hacia una probeta aforada a un litro, el total de líquido obtenido se homogeneizó, de este se tomó sólo el 10% para contar todos los nematodos adultos presentes (Coadwell y Ward, 1980). Eso se realizó revisando poco a poco la muestra de contenido abomasal, agregándole un poco de agua para aclarar la muestra y facilitar el reconocimiento de los nematodos. Con aguja de disección se separaron y colectaron los parásitos, en un recipiente se colocaron a las hembras y en otro a los machos, una vez revisada en su totalidad la muestra se contaron machos y hembras y se determinó el número total de adultos de *H. contortus* así como la proporción de machos y hembras contenidos en el abomaso de cada animal.

### **Determinación de la prolificidad.**

Para determinar la prolificidad de las hembras de *Haemonchus contortus* se colocó un pañal colector para recuperar las heces durante 24 horas, estas se pesaron y se realizó la prueba de Mc Master para obtener el número de huevos por gramo de heces (Coyne y col., 1991; Coyne y Smith, 1992). Para determinar el número de huevos producidos por hembra al día, se multiplicó el número de huevos de *H. contortus* por el peso de la muestra de materia fecal colectada durante las 24 horas y el resultado se dividió entre el número total de hembras del parásito recuperadas de cada animal.

### **Descripción de los aspectos morfológicos de *Haemonchus contortus*.**

Se efectuó la descripción de las fases adultas, tomando como referencia las descripciones previas existentes en la literatura (Lapage, 1981; Dunn, 1983).

Una vez contados todos los nematodos de la muestra se midieron para determinar su tamaño. Se tomaron 60 ejemplares, 30 hembras y 30 machos, se midió cada uno con una regla oscura (Coadwell y Ward, 1980; Stear y Murria, 1994). De esta manera se obtuvo el tamaño promedio de las hembras y de los machos adultos. Este procedimiento se realizó inmediatamente después del sacrificio para que los parásitos estuvieran frescos y manipularlos con mayor facilidad y además evitar posibles alteraciones en el tamaño.

### **Estudio de la virulencia de la cepa de *Haemonchus contortus*.**

Para evaluar la virulencia de la cepa de *H. contortus* en estudio, se tomaron en cuenta algunos de los signos clínicos característicos de la infección como son la palidez de mucosas en la conjuntiva del ojo (ejerciendo presión alrededor del ojo para exponer la mucosa) y comparando el color con el sistema FAMACHA, este es un método para la desparasitación selectiva con el fin de reducir la resistencia a los antihelmínticos basándose en el color de la mucosa conjuntival como sugestivo de anemia, el método consta de una tarjeta con diferentes coloraciones que corresponden a cinco índices respectivos. En el índice 1 hay una mucosa de color rojo que se considera como óptimo y los animales con mucosa de este color no requieren tratamiento, una mucosa rojo claro (índice 2) está en un rango aceptable y tampoco requiere desparasitar, el índice 3 es de color rosa, los animales con una conjuntiva de este color están en el límite y se debe considerar la desparasitación. El índice 4 es un color rosa muy pálido se presume que estos animales padecen una anemia peligrosa y definitivamente deben ser desparasitados, los animales con mucosa de coloración con índice 5 se encuentran con una anemia que puede resultar fatal si no se desparasitan de inmediato (Bath y col., 2001).

La condición corporal se obtuvo mediante palpación en el área lumbar del animal para verificar la cantidad de grasa y músculo existente en esta zona, dándole un valor arbitrario de 0 a 5, en la cual 0 corresponde a un animal extremadamente delgado, no es posible detectar ningún tejido muscular y adiposo entre la piel y el hueso, el 1 es un animal muy delgado, no se siente grasa y el músculo es tan escaso que deja sentir los huesos con facilidad, un animal de 2 es delgado con poca cantidad de músculo y poca grasa, el valor 3 se le da a un animal de buen estado de carnes y regular cantidad de grasa, para evaluar con 4 a un animal debe ser musculoso y con grasa abundante, el ovino de 5 se considera un animal obeso con una gran cantidad de grasa, la calificación considerada como óptima se encuentra entre 3 y 4 (Russell y col. 1969).

La pérdida o ganancia de peso se determinó mediante el pesaje periódico de los corderos, tanto libres de parásitos como en los inoculados. Lo anterior se efectuó con un dinamómetro con una capacidad máxima de 150 kg y con una valoración mínima de 1 kg.

Además se obtuvo sangre venosa a través de venopunción yugular colectada en tubos de vacío con EDTA como anticoagulante. A la muestra sanguínea se realizaron las técnicas de microhematocrito para conocer el porcentaje del paquete celular, cantidad de hemoglobina (g/dl), conteo de eritrocitos, leucocitos y proteínas plasmáticas. Lo anterior con la finalidad de detectar los cambios hematológicos que se presentaron.

### **Análisis de resultados.**

Los datos obtenidos fueron procesados mediante técnicas de estadística descriptiva.

## Resultados.

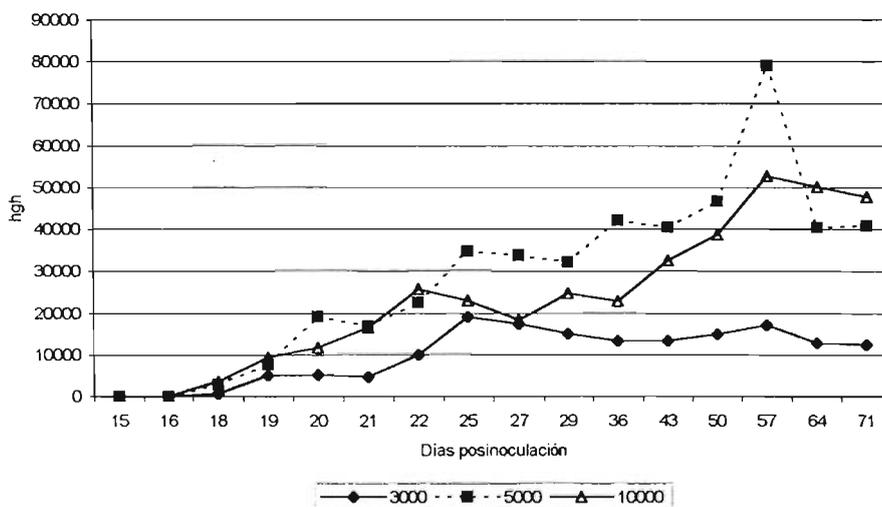
Se hará referencia a los datos de acuerdo a las variables parasitológicas (comportamiento biológico y aspectos fenotípicos de las fases adultas de *Haemonchus contortus*) y las relacionadas con la virulencia de una cepa de *H. contortus* de origen ovino aislada y mantenida en la FES Cuautitlán.

### Comportamiento biológico de la cepa de *Haemonchus contortus*.

A partir de los 16 días posinoculación (dpi) se inició la eliminación de huevos en uno de los corderos que recibieron 10,000 larvas de *H. contortus*; en todos los demás animales, independientemente de la dosis del nematodo, su primera eliminación de huevos se presentó en el día 18 dpi. Por lo anterior, el periodo de prepatencia encontrado para la cepa de *H. contortus* estudiada varió entre los 16 y 18 días.

En la fig. 1 se muestra la dinámica en la eliminación de huevos de *H. contortus* de los corderos raza Columbia inoculados con diferentes dosis (3,000, 5,000 y 10,000 L<sub>3</sub>) de *H. contortus*.

Fig. 1 Comportamiento de la eliminación de huevos de *Haemonchus contortus* de una cepa de origen ovino en corderos de raza Columbia con infección artificial.



El grupo de animales inoculados con 3,000 L<sub>3</sub> del nematodo, fue el que alcanzó la menor eliminación de huevos. Entre los 18 y 25 dpi, se presentó una tendencia ascendente, pasando de 600 a 19,100 huevos por gramo de heces (hgh) posteriormente la eliminación se estabilizó, variando entre los 12,450 y 17,300 hgh hasta el final de la evaluación.

Los corderos Columbia del grupo que recibió 5,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* fueron los que excretaron una mayor cantidad de huevos. Iniciaron con un promedio de 2,800 hgh a los 18 dpi, posteriormente hubo un incremento rápido y constante, llegando a su pico máximo (79,050 hgh) en el día 57 posinoculación, disminuyendo posteriormente para terminar con 40,850 hgh a la los 71 dpi.

Por su parte, los animales que se infectaron, artificialmente con 10,000 L<sub>3</sub> eliminaron huevos de *H. contortus* en su excremento más tempranamente (16 dpi) y mostraron una tendencia de eliminación ascendente más constante, a los 18 dpi eliminaban 3,550 hgh, llegando a su máximo también a los 57 dpi con 52,750 hgh, disminuyendo ligeramente hasta la terminación de las evaluaciones (47,800 hgh). Este grupo es el que terminó con la mayor eliminación en relación a los otros.

Los datos referentes a la cantidad de fases adultas de *H. contortus* recuperadas de los animales inoculados con diferentes dosis de L<sub>3</sub> se muestran en el cuadro 1. La cantidad de parásitos adultos varió en función a la dosis empleada, encontrando una correlación positiva de 0.83. Si se toma en consideración la cantidad de L<sub>3</sub> inoculadas, se tiene que se logró una implantación del 22.8%, 45.0% y 26.2% para los animales que recibieron 3,000, 5,000 y 10,000 L<sub>3</sub> del nematodo respectivamente.

Cuadro 1. Cantidad de fases adultas de *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia infectados con distintas dosis de L<sub>3</sub>.

	Dosis de L <sub>3</sub> de <i>Haemonchus contortus</i>					
	3,000		5,000		10,000	
	Número	%	Número	%	Número	%
<b>Total de adultos</b>	<b>685</b>		<b>2,250</b>		<b>2,625</b>	
<b>Hembras</b>	<b>355</b>	<b>51.8</b>	<b>1,180</b>	<b>52.3</b>	<b>1,315</b>	<b>50.1</b>
<b>Machos</b>	<b>330</b>	<b>48.2</b>	<b>1,070</b>	<b>47.7</b>	<b>1,310</b>	<b>49.9</b>

Aunque la cantidad de hembras de *H. contortus* siempre fue superior que la de los machos en los animales de las tres dosis de L<sub>3</sub> evaluadas, sin embargo, la proporción hembras:machos siempre fue cercana a 1:1.

La prolificidad calculada de las hembras de *H. contortus* se expresa en el cuadro 2. La mayor prolificidad se encontró en los animales que recibieron 3,000 L<sub>3</sub>, con 64,143 huevos/hembra/día (hhd), le siguieron los animales inoculados con 10,000 L<sub>3</sub> (49,182 hhd) y finalmente los que infectaron con 5,000 L<sub>3</sub> (39,508 hhd).

Cuadro 2. Prolificidad de las hembras de *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia infectados con distintas dosis de L<sub>3</sub>.

	Dosis de L <sub>3</sub> de <i>Haemonchus contortus</i>		
	3,000	5,000	10,000
Huevos/hembra/día	64,143	39,508	49,185

### Aspectos fenotípicos de los nematodos adultos de la cepa de *Haemonchus contortus*.

En cuanto al tamaño de las fases adultas (cuadro 3), se observa que las hembras de *H. contortus* fueron casi un centímetro más grandes que los machos en los tres grupos. En los animales de que se inocularon con 3,000 y 5,000 L<sub>3</sub>, los nematodos tanto hembras como machos adultos tuvieron tamaño similar, sin embargo, fueron más grandes que los parásitos de los animales que recibieron 10,000 L<sub>3</sub>.

Cuadro 3. Tamaño de adultos de *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia infectados con distintas dosis de L<sub>3</sub>.

	Dosis de L <sub>3</sub> de <i>Haemonchus contortus</i>		
	3,000	5,000	10,000
Hembras (cm)	2.71	2.72	2.58
Machos (cm)	1.71	1.71	1.68

Al momento de extraer los adultos de *H. contortus* del abomaso, los nematodos poseían bandas de color rojo y otras de color blanco que se entrelazaban entre sí. Eran vermiformes y poseían una pequeña cavidad bucal con una lanceta dorsal. La vulva de la hembra estaba cubierta por una solapa vulvar prominente. Los machos terminaban con una bolsa copulatrix con dos espículas grandes de color café.

### Virulencia de la cepa de *Haemonchus contortus*.

La virulencia de la cepa de *H. contortus* de origen ovino aislada y mantenida en la FES Cuautitlán se estimó considerando los aspectos relacionados con el efecto de la parasitosis sobre la ganancia de peso, la condición corporal y algunos parámetros hematológicos.

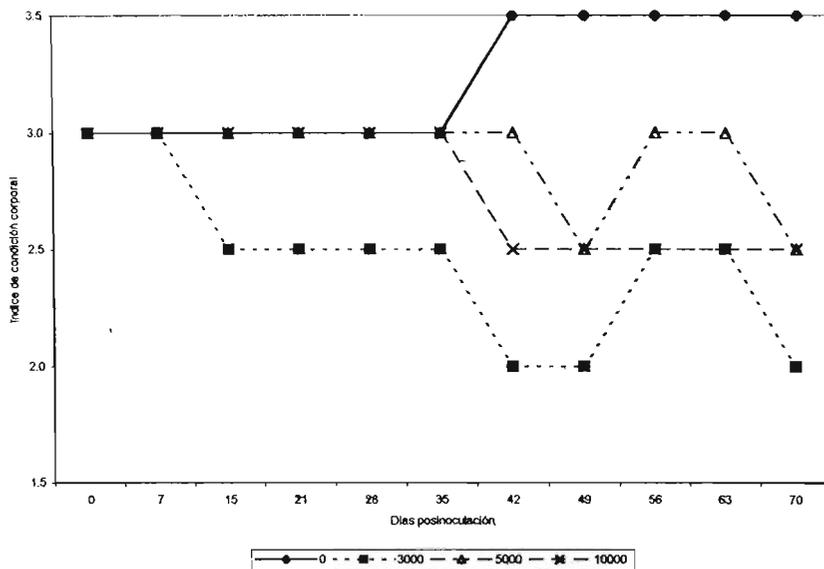
En el cuadro 4, se exponen los datos correspondientes al comportamiento de la ganancia total y diaria de peso en los corderos que recibieron distintas dosis de L<sub>3</sub> de *H. contortus*. Se observa que los animales del grupo testigo tuvieron una ganancia total de peso mayor (15.8 kg) que los corderos que fueron infectados (entre 11.2 y 12.9 kg), siendo el grupo inoculado con 10,000 L<sub>3</sub> el que obtuvo el menor peso (11.2 kg). La ganancia diaria de peso tuvo un comportamiento similar a la anterior, siendo mayor en los corderos no inoculados (287 g) y la menor en los que recibieron 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* (204 g).

Cuadro 4. Ganancia total y diaria de peso en ovinos Columbia infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*.

	Cantidad de L -3 inoculadas			
	0	3,000	5,000	10,000
Ganancia total (kg)	15.8	11.7	12.9	11.2
Ganancia diaria (g)	287	213	236	204

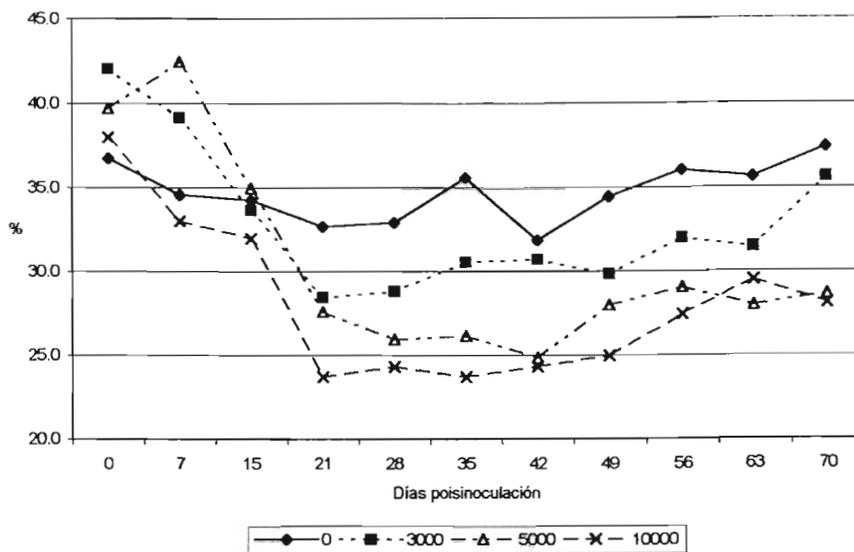
En lo que respecta a la evaluación de la condición corporal, los animales que no recibieron parásitos tuvieron una condición corporal promedio de 3, mejorando a 3.5 hacia la final del trabajo. Los corderos inoculados con 3,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* fueron los que más disminuyeron su condición corporal, pasando de 3 al inicio de las evaluaciones hasta 2 a los 70 dpi. Los animales que fueron parasitados con 5,000 y 10,000 L<sub>3</sub> mantuvieron una condición corporal relativamente estable, iniciando (día 0) con 3, y finalizando (70 dpi) con 2.5.

Fig. 2 Condición corporal de ovinos Columbia inoculados con una cepa de *Haemonchus contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán.



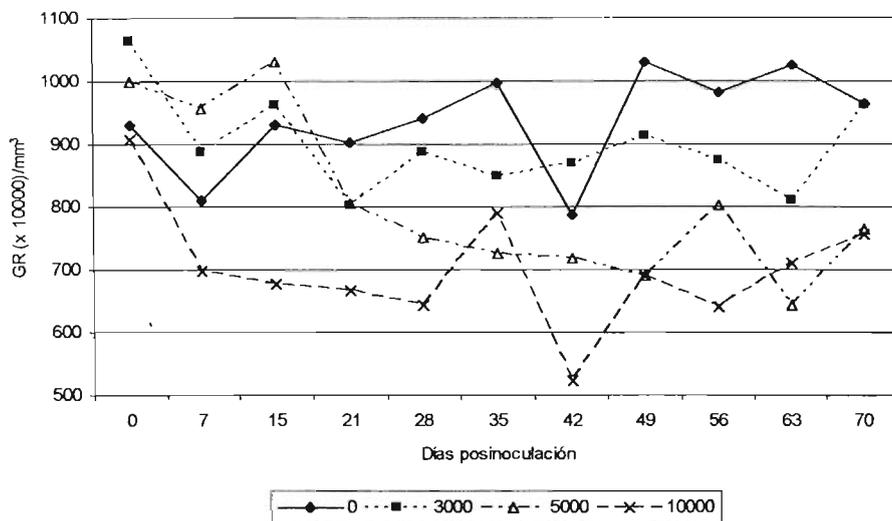
El comportamiento de los valores del volumen del paquete celular (VPC), expresados en porcentaje, correspondientes a los corderos infectados y libres de *H. contortus*, se expresan en la figura 3. Se observa que el grupo de corderos que no fueron inoculados mantuvieron los valores del VPC más elevados y constantes en relación a los que estuvieron parasitados, sus valores oscilaron entre el 31.8 y 37.4%. Los animales que recibieron distintas dosis  $L_3$  de *H. contortus*, mostraron una disminución paulatina pero considerable a partir de los 7 dpi. Ese decremento fue más marcado en los grupos de corderos inoculados con 5,000 y 10,000  $L_3$ , pasando de 39.7 y 38% al momento de la inoculación a 24.9 y 24.3% respectivamente a los 42 dpi, posteriormente existió una ligera recuperación para llegar al 28.7 y 28.1% al final del trabajo (70 dpi). El grupo que se infectó con 3,000  $L_3$  mantuvo niveles intermedios, iniciando con un VPC de 42.1% para después bajar a 28.8% a los 28 dpi para finalizar con 35.6% a los 70 dpi.

Fig. 3 Volumen del paquete celular en ovinos Columbia inoculados con una cepa de *Haemonchus contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán.



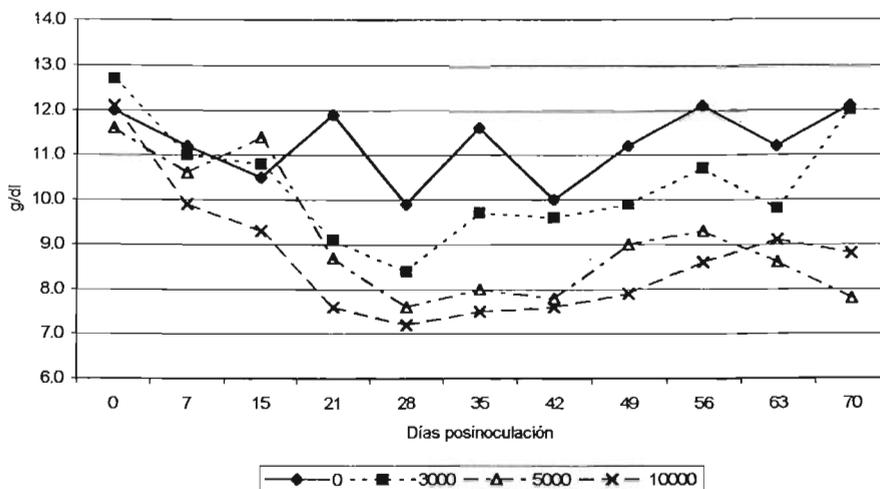
Los valores promedio de la cantidad de glóbulos rojos ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ ) que se encontraron tanto en los ovinos inoculados con *H. contortus*, como los libres de parásitos, se muestran en la figura 4. En los ovinos sin nematodos prácticamente en todos los muestreos se observaron los valores más altos, iniciaron con  $9.3 \times 10^6/\text{mm}^3$ , después ocurrieron dos altibajos, sin embargo, la tendencia siempre fue ascendente, terminando con  $9.6 \times 10^6/\text{mm}^3$ . Los corderos que se infectaron con 3,000  $L_3$  de *H. contortus*, iniciaron con la cifra más elevada ( $10.6 \times 10^6/\text{mm}^3$ ) en relación a los otros grupos estudiados, después se presentó una drástica caída en este parámetro llegando a  $8.0 \times 10^6/\text{mm}^3$  a los 21 dpi, para después ascender ligeramente y así mantenerse hasta los 70 dpi. La cantidad de eritrocitos en los animales dosificados con 5,000  $L_3$  de *H. contortus*, al momento de la inoculación fue de  $10 \times 10^6/\text{mm}^3$ , ascendiendo ligeramente a los 15 dpi, para llegar a  $10.3 \times 10^6/\text{mm}^3$ , disminuyendo posteriormente en forma notoria hasta llegar a los  $6.4 \times 10^6/\text{mm}^3$  en el muestreo efectuado 63 dpi. Para los que recibieron 10,000  $L_3$  fueron los que presentaron los valores más bajos en todas las evaluaciones, al inicio tuvieron  $9.1 \times 10^6/\text{mm}^3$ , descendiendo a  $6.4 \times 10^6/\text{mm}^3$  a los 28 dpi, después ocurre una ligera recuperación, cayendo nuevamente hasta  $5.2 \times 10^6/\text{mm}^3$  a los 42 dpi, para terminar con  $7.6 \times 10^6/\text{mm}^3$  a los 70 dpi.

Fig. 4 Cantidad de glóbulos rojos en ovinos Columbia inocuados con una cepa de *Haemonchus contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán.



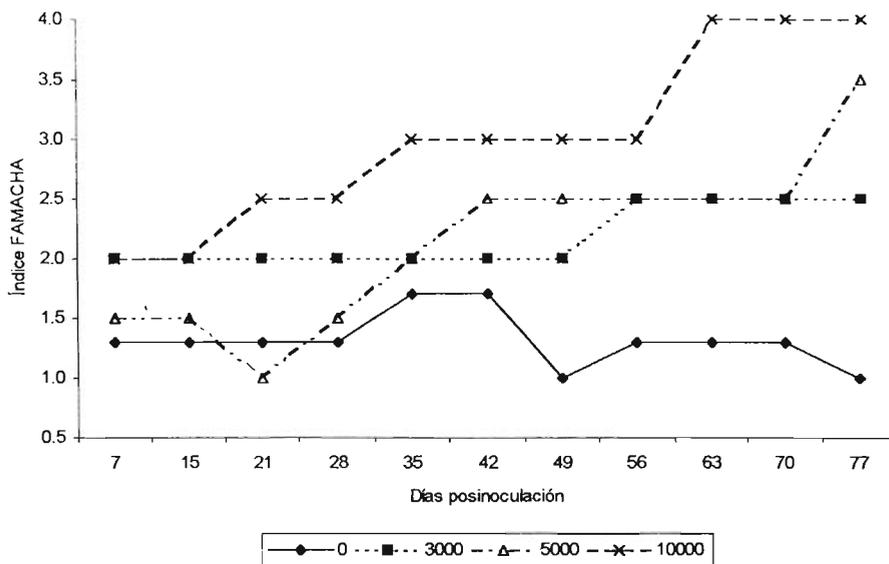
Las variaciones en la concentración de hemoglobina (g/dl) encontrada en los animales estudiados se observan en la figura 5. Los animales que no fueron infectados con *H. contortus* mostraron las mayores concentraciones de hemoglobina en casi todos los muestreos, iniciando con 12.0 g/dl y con altibajos llegó a una cifra similar en el muestreo del día 70. Los grupos que recibieron 5,000 y 10,000  $L_3$  mostraron una tendencia descendente similar en este parámetro, sin embargo, fue más notoria en los segundos. Esos animales iniciaron con una concentración de hemoglobina de 11.6 y 12.1 g/dl respectivamente para los de 5,000 y 10,000  $L_3$ , disminuyendo a 7.6 y 7.2 g/dl a los 28 dpi, después hay una recuperación a los 56 y 63 dpi llegando alrededor de los 9.0 g/dl de hemoglobina en ambos grupos. Los corderos con una infección inicial de 3,000  $L_3$ , mostraron un descenso moderado en la concentración de hemoglobina, empero, no fue muy marcado. Ellos al día 0 tenían 12.7 g/dl, disminuyendo a 8.4 g/dl a los 28 dpi, incrementándose posteriormente hasta alcanzar los 12.0 g/dl en el último muestreo (70 dpi).

Fig. 5 Concentración de hemoglobina en ovinos Columbia infectados con una cepa de *Haemonchus contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán.



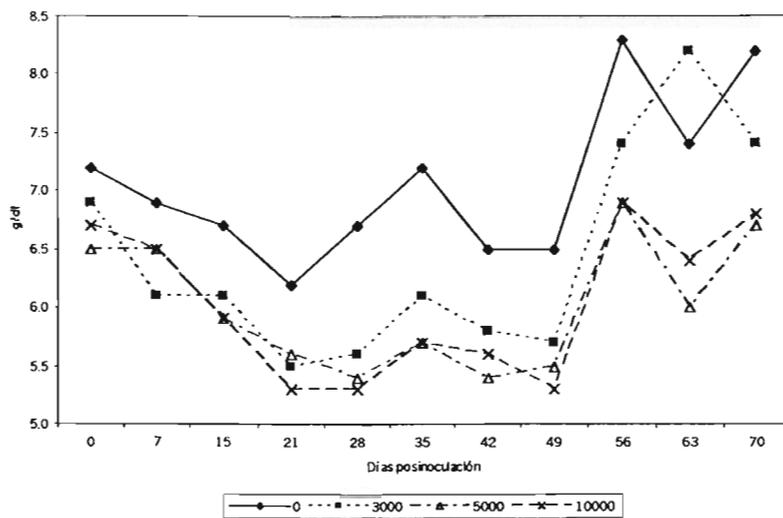
En lo referente a la evaluación clínica indirecta del grado de anemia, a través del sistema FAMACHA (Fig. 6), se observa que los animales del grupo libres del parásito mantuvieron una coloración de la mucosa conjuntival con un índice FAMACHA promedio que osciló entre 1 y 1.7. Por su parte, el grupo de animales que recibió 3,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus*, durante los primeros siete muestreos tuvo un índice de 2, concluyendo con un índice promedio de 2.5, mientras que el grupo inoculado con 5,000 L<sub>3</sub> inició con un índice promedio de 1.5 el cual gradualmente alcanzó el índice 3.5 hasta el último muestreo. Finalmente, los animales inoculados con 10,000 L<sub>3</sub> iniciaron en índice FAMACHA de 2, pasando a 2.5 en las semanas tres y cuatro posinoculación y finalizando con un índice 4 entre los 63 y 77 dpi.

Fig. 6 Índices FAMACHA en corderos raza Columbia inoculados con una cepa de *Haemonchus contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán, UNAM.



Finalmente, para el comportamiento en la concentración (g/dl) de proteínas plasmáticas (fig. 6), se observa una tendencia similar para los animales libres de parásitos e infectados con distintas dosis de  $L_3$  de *H. contortus*, sin embargo, existieron valores diferentes entre ellos. En este sentido, los ovinos no parasitados tuvieron 7.2 g/dl al inicio de las evaluaciones, posteriormente dicha cifra decrece hasta alcanzar los 6.2 g/dl a los 21 días, después se presentan altibajos, pero con una tendencia ascendente para finalizar con 8.2 g/dl. Los tres grupos parasitados (3,000, 5,000 y 10,000  $L_3$  de *H. contortus*) mostraron valores de proteínas plasmáticas similares, iniciaron entre 6.5 y 6.9 g/dl, después los valores descienden hacia los 21 dpi, manteniendo esos bajos niveles (entre 5.3 y 6.1 g/dl) hasta los 49 dpi. Después hay una recuperación con una recaída en los corderos infectados con 5,000 y 10,000  $L_3$  para finalizar con 6.7 y 6.8 g/dl respectivamente. Los valores de los que recibieron 3,000  $L_3$  se incrementaron a 8.2 g/dl a los 63 dpi para finalizar con 7.4 g/dl.

Fig. 6 Concentración de proteínas plasmáticas en ovinos Columbia infectados con *Haemonchus contortus* aislada y mantenida en la FES Cuautitlán.



## Discusión.

La infección por *Haemonchus contortus* representan uno de los problemas de salud más importante que repercute negativamente en la eficiencia biológica y económica de los rebaños ovinos de México. El presente trabajo se efectuó con la finalidad de contar con una cepa de *H. contortus* de referencia, bien caracterizada que sirva de base para futuras investigaciones más controladas.

Para tal efecto se continuó con el trabajo realizado por Valdez (2004) quién logró el aislamiento de una cepa de *H. contortus* a partir de un caso natural de hemoncosis en un rebaño ovino del Estado de México. Dicha cepa se ha mantenido en pases sucesivos a animales no parasitados por el personal académico del Laboratorio de Parasitología de la FES Cuautitlán.

En lo concerniente al comportamiento biológico, independientemente de la cantidad de L<sub>3</sub> de *H. contortus* inoculadas, el periodo de prepatencia obtenido para la cepa en estudio fue de 16 a 18 días, periodo ligeramente menor al referido en la literatura que lo establecen en un rango de 17 a 22 días (Lapage, 1981; Soulsby, 1988; Quiroz, 2003; Meana y Rojo, 1999). Gómez y col. (1998) evaluando la respuesta a la infección artificial con *H. contortus* en ovinos raza Castellana, encontraron que el periodo de prepatencia varió en función a si era primoinfección (16-20 días) o reinfección (20-24 días), indicando que el alargamiento de ese periodo es consecuencia de una respuesta inmune contra el parásito.

La dinámica en la eliminación de huevos de *H. contortus* varió en relación a la dosis empleada. En los que recibieron 3,000 L<sub>3</sub>, existió un solo pico de eliminación a los 25 días posinfección (dpi) que alcanzó los 19,100 huevos por gramo de heces (hgh), los de 5,000 L<sub>3</sub> la máxima eliminación ocurrió a los 57 dpi con 79,050 hgh y los que se infectaron con 10,000 L<sub>3</sub> tuvieron un primer pico de eliminación a los 22 dpi y un segundo a los 57 dpi con 25,750 y 52,750 hgh respectivamente. Evidentemente la eliminación de huevos en las heces es consecuencia de la cantidad de parásitos que logran implantarse tras una infección, muchas veces la severidad y extensión de la eliminación depende de la dosis de desafío empleada y de factores relacionados con el hospedador, en este sentido, Wanyangu y col. (1997) observaron diferencias significativas en la eliminación de huevos en ovinos Red Maasai y Dorper tanto en la infección artificial como natural con *H. contortus*.

La mayor cantidad de fases adultas del nematodo que fueron recuperadas a los 71 dpi correspondió a los animales que se inocularon con 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus*, sin embargo, el porcentaje de implantación de esos parásitos adultos, en otras palabras, la proporción de nematodos que lograron su desarrollo hasta adultos en relación a la cantidad de larvas inoculadas, fue mayor (45%) en aquellos animales que recibieron 5,000 L<sub>3</sub>, coincidiendo con una mayor

eliminación de huevos del parásito, que se hizo más manifiesta entre los 25 y 57 dpi.

Por su parte, el porcentaje de implantación de los animales que se infectaron con 3,000 y 10,000 L<sub>3</sub> (22.8% y 26.2% respectivamente), fue similar al estudio realizado por Tetzlaff y col. (1973) en ovinos Shropshire y Hampshire inoculados con un 7,500 L<sub>3</sub> de *H. contortus*, donde el porcentaje de nematodos adultos encontrados en abomaso con respecto a la cantidad de larvas inoculadas fue de 29.5%. Por su parte, Al-Quasy y col. (1986) encontraron que la proporción de nematodos adultos implantados fue del 34% cuando los animales se inocularon con 13,000 L<sub>3</sub>. Un caso extremo lo reportan Gómez y col. (1999), quienes trabajando con ovinos de la raza Castellana, considerada muy resistente a nematodos gastroentéricos, obtienen una implantación entre el 0.023% (ovinos con infección previa y desafío) y 1.42% (en animales con primoinfección). Más recientemente, y con la misma raza de ovinos empleada en este estudio, Cuenca y Cuenca (2005) evaluando la respuesta a la infección experimental con *H. contortus* encuentran un 39.47% de implantación en corderos de la raza Columbia, en contra de un 0.96% en ovinos Blackbelly. Basándose en estos elementos queda claro que el porcentaje de implantación es dependiente del genotipo del animal parasitado.

Las hembras de *H. contortus* recuperadas de los corderos que recibieron 5,000 L<sub>3</sub> tuvieron una prolificidad calculada menor comparada con los infectados con 3,000 y 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus*; esta situación se ha demostrado para varios géneros de nematodos gastroentéricos, atribuyendo ese comportamiento a una *densidad-dependiente* donde a menor población de nematodos adultos aumenta la prolificidad y viceversa, eso como consecuencia de una resistencia adquirida, al genotipo del hospedador y la tasa de infección que ha recibido el animal (Balic y col., 2000).

Una característica interesante detectada en la cepa de *H. contortus* en estudio fue la elevada prolificidad que mostraron las hembras, independientemente de la dosis de L<sub>3</sub> inoculadas, la producción de huevos osciló entre los 39,508 a 64,143 huevos/hembra/día. Estos datos son hasta 6.5 mayores a las cifras de eliminación de huevos de *H. contortus* disponibles en la literatura (Meana y Rojo, 1999).

Con respecto a la morfología, se encontró que los adultos machos de *H. contortus* tuvieron una longitud de 1.3 a 2.0 cm y las hembras midieron de 1.6 a 3.2 cm, quedando algunos individuos por debajo del límite inferior que para esos parámetros están referidos en la bibliografía, de 1.9 a 2.2 cm para machos y 2.5 a 3.4 cm para las hembras (Soulsby, 1988; Urquhart y col., 2001). Los individuos más pequeños fueron encontrados en los corderos inoculados con 10,000 L<sub>3</sub>. La reducción en el tamaño de los nematodos es interpretado como el efecto de la inmunidad del hospedador sobre el parásito (Seaton y col., 1989), lo que indica que una gran carga parasitaria induce una mayor inmunidad, produciendo esto un ambiente más adverso para los nematodos, que interfiere con su crecimiento.

Esto explica el hecho de que las hembras *H. contortus* correspondientes a los ovinos infectados con 10,000 L<sub>3</sub> tuvieron una baja prolificidad ya que el número de huevos *in utero* por hembra está directamente correlacionado al tamaño de las hembras (Stear y col., 1995 citados por Balic y col., 2000).

La morfología macroscópica observada en los adultos de *H. contortus* en fresco, correspondió a las características descritas en la literatura para este nematodo (Soulsby, 1988; Urquhart y col., 2001). Los machos eran de color rojo y las hembras poseían bandas de color rojo y blanco, en forma de *palo de barbería*, debido a que el aparato genital (blanco) se enrolla en el intestino (rojo). En cuanto a su morfología, los machos presentaban una bolsa copulatrix muy desarrollada con lóbulos laterales alargados, que contenía dos espículas; las hembras poseían una solapa vulvar que era grande y prominente (Soulsby, 1988; Urquhart y col., 2001).

Para evaluar la virulencia de la cepa de *H. contortus* en estudio se consideraron los aspectos relativos a los cambios de peso, condición corporal y algunos parámetros hematológicos. En cuanto al primer parámetro, se presentó una disminución entre el 18.3 y 29.1% de la ganancia total de peso en los animales parasitados en relación a los libres de parásitos, siendo más evidente en los corderos inoculados con 3,000 y 10,000 L<sub>3</sub>. Se observaron reducciones similares en la ganancia diaria de peso (entre 17.8 y 28.9%). Bernal y Arcos (2004) trabajando con ovinos Columbia infectados y libres de *H. contortus* encontraron una diferencia del 8.9% y 19.5% en la ganancia total y diaria de peso respectivamente, a favor de los animales no parasitados. En la condición corporal se observó un decremento gradual muy marcado en el grupo de animales que se infectaron con 3,000 L<sub>3</sub>, a diferencia de los que se inocularon con otras dosis, siendo similar a lo que descrito por Roberts y Swan (1982) que en los animales con la menor cantidad de nematodos encontrados en abomaso tenían la condición corporal mas pobre.

Se sabe que la actividad de la L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> y gusanos adultos de *H. contortus* irrita la mucosa del abomaso provocando inflamación (gastritis) (Lapage, 1981). El desarrollo de la larva ocurre dentro de la mucosa, pero el daño más severo se induce mediante un daño mecánico directo al epitelio digestivo a través de sus estructuras anatómicas especializadas (lanceta) presente en los parásitos adultos, además se ha demostrado que los parásitos liberan varios tipos de sustancias en donde se encuentran los productos de excreción y secreción (ES), tales sustancias se han recuperado de diferentes estadios parasitarios, desde L<sub>3</sub> hasta adultos, los tres orígenes descritos para los productos de ES son: a) productos finales de varias rutas metabólicas de los parásitos, b) componentes de la superficie de la cutícula, de la muda de los parásitos, c) liberación por órganos especializados tales como glándulas secretorias asociadas con la parte anterior del tracto digestivo de los nematodos. La actividad enzimática es una de las funciones de los productos de ES, degradan a una gran variedad de proteínas naturales, entre las que están el fibrinógeno, hemoglobina, plasminógeno y albúmina (Cuéllar, 2003).

Los nematodos gastroentéricos (NGE) pueden interferir en la digestión y absorción de carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos en toda el área afectada (Coop y Kyriazakis, 1999). La presencia de NGE en el tracto digestivo se ha asociado generalmente a una disminución de la utilización de alimento que involucra al nitrógeno, energía y nutrientes minerales. Las alteraciones afectan las principales funciones del abomaso e intestino (digestión, motilidad y absorción) así como el metabolismo de varios nutrientes. Se observa disminución en la ingestión de alimentos en los animales parasitados, esto contribuye a la escasa ganancia de peso y a la baja producción de los mismos (Soulsby, 1988; Cuéllar, 2003).

También es conocido que el parasitismo gastrointestinal induce desordenes en el metabolismo mineral. La reducción en la absorción de calcio, fósforo y magnesio se refleja en la reducida deposición de estos elementos en el hueso, lo que produce una reducción en el crecimiento esquelético de los animales jóvenes. Asimismo, el desarrollo del esqueleto puede quedar limitado también por la reducida disponibilidad de proteína. Todo esto afecta la tasa de crecimiento, ya que el tamaño del esqueleto determina, finalmente, la capacidad del animal para acumular músculo. Además los reducidos niveles de incorporación de los aminoácidos a las proteínas del músculo producen una reducción en la ganancia de peso (Soulsby, 1988).

Otro efecto indeseable, es la depresión en el consumo voluntario de alimento provocado por la infección de NGE es una de las características más importantes de la infección y es reconocida como uno de los mayores factores de patogenicidad de la enfermedad; las causas no están bien establecidas pero existen evidencias de que el dolor, los cambios de pH abomasal, la falta de absorción de aminoácidos y la disminución plasmática de hormonas tales como la colecistoquinina, pueden tener influencia (Symons, 1985 citado por Nari, 1992; Fox, 1997).

Por otro lado, los hábitos hematófagos de *H. contortus* en el hospedador provocan el desarrollo de anemia. 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 que se pierde al sangrar la herida, de modo que un ovino con 5,000 ejemplares puede perder alrededor de 150 ml de sangre al día (Coop y Christie, 1988; Urquhart, 1990). Esta anemia se manifiesta por la palidez de la conjuntiva y de las encías. Los daños más graves se producen una vez que las larvas han emergido de las glándulas y se deben a la hematofagia, a los 35 días se ven claramente pequeñas úlceras con hemorragias capilares (Coop y Kyriazakis, 1999; Meana y Rojo, 1999).

Un indicador del grado de anemia es el volumen del paquete celular (VPC), el cual presentó un descenso gradual llegando al punto más bajo a las cuatro semanas de la infección artificial con *H. contortus*, en este momento se dio una disminución del 38% en promedio en los tres grupos de animales parasitados con respecto a los valores iniciales, siendo más notoria en los que recibieron 5,000 y

10,000 L<sub>3</sub>, con cifras inferiores a los del rango normal (27%) según los datos de referencia de Jain, (1993) y Voigt (2003). En un trabajo similar con ovinos de la raza Awassi que recibieron 500 L<sub>3</sub> de *H. contortus* kg<sup>-1</sup> (Al-Quasy y col., 1986), el VPC disminuyó en promedio bajo un 50% a los 21 dpi.

Los valores para glóbulos rojos en todos los grupos, incluyendo los no parasitados fueron inferiores al promedio considerado como normal para ovinos (12 x 10<sup>6</sup>/μl), sin embargo, las cifras del grupo de corderos libres de parásitos y los que se inocularon con *H. contortus* si cayeron dentro del rango normal (8-15 x 10<sup>6</sup>/μl) reportado para esta especie (Jain, 1993; Voigt, 2003). En contraste, los corderos parasitados con 5,000 y 10,000 L<sub>3</sub>, excepto el primer muestreo, siempre tuvieron valores menores al rango inferior normal. Esta marcada disminución es consecuencia de una anemia relacionada con la hemorragia abomasal y la hematofagia del parásito adulto (Coop y Christie, 1988).

La concentración de hemoglobina tuvo un comportamiento similar al de los parámetros sanguíneos ya descritos (VPC y cantidad de glóbulos rojos), disminuyendo marcadamente en los animales parasitados a partir de los 21 dpi, llegando a su valor mas bajo a los 28 dpi en animales que se inocularon con 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus* momento en que el valor de hemoglobina fue de 7.2 g/dl, cifra lejana del promedio considerada como normal (11.5 g/dl). Resultados similares se encontraron en el estudio de Tetzlaff y col. (1973) quienes obtuvieron valores de hemoglobina de 7.39 g/dl a los 18 dpi. En otro trabajo (Roberts y Swan, 1982), el promedio de la concentración de hemoglobina en ovinos raza Merino con una infección natural severa los valores oscilaron entre 3.6 y 6.4 g/dl.

En lo que se refiere a la coloración de la mucosa conjuntival como sugestivo de anemia, basándose en la escala del sistema FAMACHA que 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), los animales inoculados con *H. contortus* se observó una disminución de la coloración de la mucosa conjuntival, ya que todos los corderos iniciaron con un índice entre 1 y 2 considerado como óptimo, presentándose la decoloración más importante en los corderos inoculados con 10,000 L<sub>3</sub> llegando a un índice 4. El sistema FAMACHA ha permitido la desparasitación selectiva por medio de la identificación clínica de anemia lo que ha reducido el uso de antihelmínticos y el problema de resistencia hacia los mismos (Vatta y col., 2002). Existen pocos antecedentes del uso de este sistema bajo condiciones de infecciones por NGE en forma experimental, los datos disponibles se refieren a la utilización del sistema FAMACHA como una estrategia más en el control integrado de NGE en ovinos (Van Wyk y Bath, 2002; Cervantes, 2005).

El comportamiento de la concentración de las proteínas plasmáticas fue similar al de los parámetros sanguíneos. Todos los animales iniciaron con valores considerados por Jain (1993) y Voigt (2003) como normales, después de los 15 dpi y hasta los 49 dpi hay una disminución que es más notoria en los ovinos infectados con 10,000 L<sub>3</sub> de *H. contortus*. Gómez y col. (1999) reportan una caída

en los niveles de proteínas séricas en ovinos raza Castellana, moderada en animales con infección previa y desafiados (a los 20 dpi) y más marcada en aquellos con primoinfección (entre los 20 y 40 dpi), resaltando el hecho de un mayor efecto patógeno en los animales que no han tenido antecedentes de la parasitosis como es la situación del presente trabajo.

## Conclusiones.

La cepa de *Haemonchus contortus* aislada en Jilotepec y mantenida en la FES Cuautitlán tiene particularidades en cuanto a su periodo de prepatencia y prolificidad de las hembras del nematodo.

La eliminación de huevos, morfología, cantidad de las fases adultas y el porcentaje de implantación dependió de la cantidad de L<sub>3</sub> administradas.

La virulencia, medida como efecto en el cambio de peso, condición corporal, dinámica de parámetros hemáticos e índice FAMACHA, en los animales infectados artificialmente con la cepa en estudio, varió en función a la dosis de L<sub>3</sub> inoculadas.

## Bibliografía.

- Al-Quaisy, H.H.K., Al-Zubaidy, A.J., Altaif, K.I., Makkawi, T.A. (1987). The pathogenicity of haemonchosis in sheep and goats in Iraq: 1. Clinical, parasitological and haematological findings. *Vet. Parasitol.* 24: 221-228.
- Balic, A., Bowles, V.M., Meeusen, N.T. (2000). The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. *Adv. Parasitol.* 45: 182-229.
- 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 cooperation project in South Africa. FAO.
- Bernal, H.Y., Arcos, R.R. (2004). Efecto en el consumo de alimento y ganancia de peso en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- Blood, D.C. Radostits, M.O. Gay, C.C. (1992). Medicina veterinaria. Séptima Edición. Edit. Interamericana. México.
- 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, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- Coyne, M.J., Smith, G., Jhonstone, C. (1991). A study of mortality and fecundity of *Haemonchus contortus* in sheep following experimental infections. *Int. J. Parasitol.* 21: 847-853.
- Coyne, M.J., Smith, G. (1992). The mortality and fecundity of *Haemonchus contortus* in parasite-naive and parasite-exposed sheep following single experimental infections. *Int. J. Parasitol.* 22: 315-325.
- Coles, G.C., Bauer, C., Borgsteede, F.H.M., Geerts, S., Klei, T.R., Taylor, M.A., Waller, P.J. (1992). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) methods for detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet. Parasitol.* 44: 35-44.
- 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. y Kyriazakis, I. (1999). Nutrition-parasite interaccion. *Vet. Parasitol.* 84: 187-204.

Cuéllar, O.J.A. (1986). Nematodiasis gastroentérica. En: Principales enfermedades de los ovinos y caprinos. Edit. P. Pijoan A. y J. Tórtora. México.

Cuéllar, O.J.A. (1992). Epidemiología de las helmintiasis del aparato digestivo y respiratorio en ovinos y caprinos. Mem. Curso: Principios de helmintología veterinaria en rumiantes y cerdos. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Cuenca, V.C., Cuenca, V.N.M. (2005). Comparación de la cantidad, tamaño y prolificidad de fases adultas de *Haemonchus contortus* en una infección experimental en ovinos Columbia y Blackbelly. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

Dunn, M.A. (1983). Helmintología veterinaria. Primera edición. Edit. El Manual Moderno. México.

Fleming, M.W., Conrad, S.D. (1989). Effects of exogenous progesterone and/or prolactin on *Haemonchus contortus* infections in ovariectomized ewe. Vet. Rec. 34: 57-62.

Fox, M.T. (1997). Pathophysiology of infection with gastrointestinal nematodes in domestic ruminants : recent developments. Vet. Parasitol. 72: 285-308.

Gibbs, H.C., Barger, I.A. (1986). *Haemonchus contortus* and other trichostrongylid infections in parturient, lactating and dry ewes. Vet. Parasitol. 22: 57-66.

Gómez M.M.T., Cuquerella, M., Gómez, I.L.A., Méndez, S., Fernández, P.F.J., Fuente, C., Alunda, J.M. (1999). Serum antibody response of Castellana sheep to *Haemonchus contortus* infection and challenge: relationship to abomasal worm burdens. Vet. Parasitol. 81: 281-293.

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

Jubb, K.V.F.; Kennedy, P.C. (1985). Patología de los animales domésticos. Tercera Edición. Edt. Hemisferio sur. Argentina.

Lapage, G. (1981). Parasitología veterinaria. Edit. Compañía Editorial Continental. México.

Liebano, H.E., Vázquez, P.V., Fernández, R.M. (1998). Sobrevivencia de larvas infectantes de *Haemonchus contortus* en un clima subcálido subhúmedo en México. Vet. México. 29: 245-249.

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 McGraw-Hill Interamericana. México.

Quiroz, R.H. (2003). Parasitología y enfermedades de los animales domésticos. Edt. Limusa; México.

Ramírez, V.L. (2004). Aislamiento de una cepa de *Haemonchus contortus* de origen ovino. Tesis de licenciatura. FES Cuautitlán, UNAM.

Roberts, J.L., Swan, R.A. (1982). Quantitative studies of ovine haemonchosis. 2. Relationship between total worm counts of *Haemonchus contortus*, haemoglobin values and bodyweight. *Vet. Parasitol.* 9: 201-209.

Russell, A. J. F., Doney, J. M. , Gunn, R. G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.* 72: 451-454.

Simpson, H.V., Lawton, D.E.B., Simcock, P.C., Reynolds, G.W., Pomroy, W.E. (1997). Effects of adult and larval *Haemonchus contortus* on abomasal secretion. *Int. J. Parasitol.* 27 (7): 825-831.

Soulsby, E.J.L. (1988). Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos. Séptima edición. Edit. Interamericana. México.

Tetzlaff, R.D., Todd, A.C. (1973). Protective effects of premunition and age-group interaction of *Haemonchus contortus* in sheep. *Am. J. Vet. Res.* Vol. 34, No. 12.

Tizard, I. (1986). Inmunología veterinaria. Segunda edición. Edit. Interamericana. México.

Uriarte, J., Valderrabano, J. (1989). An epidemiological study of parasitic gastroenteritis in sheep under an intensive grazing system. *Vet. Parasitol.* 31: 71-81.

Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, M.M., Jennings, F.W. (2001). Parasitología veterinaria, Edit. Acribia.

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

Vatta A.F., Krecek, R.C., Van der Linde, M.J., Motswatswe, P.W., Grimbeek, R.J., Hansen, J.W. (2002). Incidence of *Haemonchus* spp and effect on haematocrit and eye color In goats farmed under poor conditions in South Africa. *Vet. Parasitol.* 103, 119-131

Vázquez, P.B., Nájera, F.R. (1987). Determinación de estadios infectivos de nematodos gastroentéricos en ovinos en un clima subtropical húmedo. *Tec. Pec. Méx.* 25 (1):25-31.

Velasco, G.S., Campos, R.R., Herrera, R.D., Heras, B.F., Quiroz, R.H. (1991). Efectividad de la ivermectina contra *Haemonchus contortus* resistentes a los bencimidazoles. Vet. México 22:451-455.

Voigt, G.L. (2003). Conceptos y técnicas hematológicas para técnicos veterinarios. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

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