



**Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro  
Unidad Laguna**

**División Regional de Ciencias  
Animal**

Monografía presentada como requisito parcial para obtener el  
título de:

**Médico Veterinario y Zootecnista**

**“Alternativa de control biológico de parásitos  
gastrointestinales en pequeños rumiantes:  
Hongos Nematófagos.”**

Torreón, Coahuila, México

MAYO - 2014



**Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro  
Unidad Laguna**

**División Regional de Ciencias  
Animal**

Monografía presentada como requisito parcial para obtener el  
título de:

**Médico Veterinario y Zootecnista**

**“Alternativa de control biológico de parásitos  
gastrointestinales en pequeños rumiantes:  
Hongos Nematófagos.”**

Presenta:

Manuel Mejía Aldana

Asesor:

M.C. Jorge Iturbide Ramírez

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

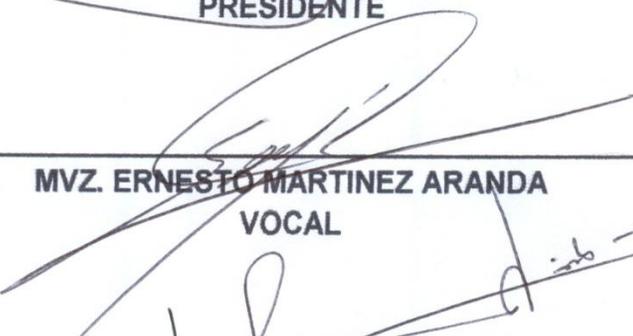
**"ALTERNATIVA DE CONTROL BIOLÓGICO DE PARASITOS  
GASTROINTESTINALES EN PEQUEÑOS RUMIANTES: HONGOS  
NEMATOFAGOS"**

**MONOGRAFIA, APROVADA POR EL JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.**



---

**M.C. JORGE ITURBIDE RAMIREZ  
PRESIDENTE**



---

**MVZ. ERNESTO MARTINEZ ARANDA  
VOCAL**



---

**MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
VOCAL**



---

**ING. MARTÍN CASTILLO RAMÍREZ  
VOCAL SUPLENTE**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**MAYO 2014**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**"ALTERNATIVA DE CONTROL BIOLÓGICO DE PARASITOS  
GASTROINTESTINALES EN PEQUEÑOS RUMIANTES: HONGOS  
NEMATOFAGOS"**

**MONOGRAFIA APROBADA POR EL:**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

**M.C. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL**

**MCV. RAMÓN A. DELGADO GONZÁLEZ**



**Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**MAYO 2014**

## DEDICATORIA

*Dedicado a mis padres Manuel y Esther.*

*Gracias por su confianza y palabras de aliento constantes.*

*Gracias a todas las personas que han hecho de este sueño una victoria  
más, en mi vida.*

## AGRADECIMIENTO

*Mi reconocimiento y agradecimiento  
a mis asesores por su apoyo incondicional.*

# Índice

<b>1. Resumen</b> .....	iv
2. Introducción.....	1
3. Marco teórico .....	2
3.1 Panorama de la Producción Ovina.....	2
3.2.1 Características generales .....	4
3.2.2 Ciclo Biológico.....	6
3.2.3 Principales especies infectantes de nematodos de animales. ....	8
3.3 La resistencia antihelmíntica. ....	8
3.4 Alternativas de control.....	9
3.4.1 Manejo de Praderas .....	9
3.4.2 Plantas con actividad nematicida. ....	10
3.4.3 Estrategias nutricionales.....	11
3.4.4 Control Biológico.....	11
3.4.4.1 Nematodos caníbales.....	11
3.4.4.2 Bacterias antagónicas de nematodos. ....	12
3.4.4.3 Hongos nematófagos. ....	12
3.4.4.3.1 Clasificación de hongos nematófagos de acuerdo a su modo de acción. ....	12
4. Métodos para aislamiento, confrontación, identificación y aplicación pecuaria. ....	14
4.1 Aislamiento.....	15
4.2 Producción de hongos nematófagos. ....	16
4.3 Identificación. ....	16
4.4 Aplicación pecuaria. ....	17
<b>5. Discusión</b> .....	18
<b>6. Conclusión</b> .....	18
<b>7. Bibliografía</b> .....	20

## **Índice de tablas**

Tabla N° 1: Órganos de captura de los hongos nematófagos atrapadores de nematodos.....	13-14
--	-------

## **Índice de cuadros**

Cuadro N° 1: Metodología general para el aislamiento, evaluación e identificación de hongos nematófagos.....	15
--	----

## **Índice de ilustraciones**

Ilustración N°1: Anatomía general de un nematodo.....	5
Ilustración N°2: Ciclo biológico de <i>Haemonchus contortus</i> .....	7

## 1. Resumen

Los nematodos gastrointestinales afectan a la salud animal, pudiendo causar la muerte en animales jóvenes en infecciones masivas, lo que repercute severamente en la ganadería mundial, pues afectan la función zootécnica del ganado; pues los animales dejan de comer, pierden peso y son susceptibles a contraer otras enfermedades. Durante los últimos años, la eficacia de los antihelmínticos ha disminuido debido a la presencia de la resistencia a ciertas familias de desparasitantes, por su uso desmedido en las unidades de producción, lo que implica la búsqueda de alternativas para lograr un control sobre las poblaciones parasitarias. Los hongos nematófagos son una valiosa alternativa biológica contra parásitos, de acuerdo a su especie y género, produce trampas para atrapar a los nematodos en su forma de vida libre, de este modo evitando la ingesta de los mismos, cortando así el ciclo directo del parásito.

**Palabras clave:** Control biológico, hongos nematófagos, salud animal, parásitos gastrointestinales, función zootécnica.

## 2. Introducción

La ganadería es de gran importancia en el contexto socioeconómico del país, pues es la base del desarrollo de la industria nacional, ya que proporciona alimentos, materias primas, divisas, empleo y contribuye a los ingresos del sector rural. La producción de carne es una actividad productiva muy diseminada en el medio rural en todas las regiones ecológicas del país. (SAGAR, 2000). La producción ganadera en México se ve afectada por diversos problemas como apoyo técnico y gerencial insuficiente; falta de pastos abundantes, alimentos de buena calidad, enfermedades y mortandad de animales; que dan como resultado pérdidas económicas y abandono de proyectos (Iruegas *et al.*, 2011). Las parasitosis causadas por nematodos causan severos daños a la salud de los animales, pudiendo llegar a causar la muerte en animales jóvenes en infecciones masivas; afectando la función zootécnica del ganado. Estas enfermedades son consideradas de gran importancia económica pues los animales dejan de comer, pierden peso y son susceptibles a contraer otras enfermedades (Waruiru *et al.*, 2006). Para contrarrestar los graves estragos causados por las parasitosis gastrointestinales los ganaderos recurren a la desparasitación del ganado con medicamentos de naturaleza química que adquieren en farmacias, sin receta ni restricciones. Lo que hace que sea una actividad de fácil acceso, de bajo costo. Durante los últimos años se ha señalado que aún después de haber efectuado un tratamiento químico bajo el uso de antihelmínticos; el ganado sigue presentando signos de parasitosis; lo que sugiere que los parásitos han desarrollado una resistencia a los compuestos administrados (Mendoza de Gives, 1998). La resistencia antihelmíntica es un proceso genético, donde los parásitos modifican su genoma mediante una mutación, logrando la disminución de la eficacia del fármaco (Köler, 2001). Durante las últimas décadas se ha presentado la resistencia antihelmíntica a grandes escalas (Larsen, 2006); por lo que se han creado nuevas alternativas para el control de las parasitosis gastrointestinales, como la rotación de praderas, control biológico, suplementación alimenticia.

El control biológico ofrece una alternativa eficiente y segura para la reducción de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales. Dado a que los nematodos tienen diversos enemigos naturales, se han estudiado diversos de estos para ser utilizados como agentes de control biológico. Entre ellos bacterias, hongos nematófagos, protozoos, nematodos, artrópodos. Los hongos nematófagos son capaces de infectar y alimentarse de nematodos, son específicos y no son patógenos para los animales.

### **3. Marco teórico**

#### **3.1 Panorama de la Producción Ovina**

A nivel mundial, la carne de ovino ocupa el cuarto lugar del consumo de proteína animal; representando 5% del consumo mundial de cárnicos (excluyendo al pescado). La producción está dominada por países con grandes extensiones de planicies para el pastoreo como China, Australia, India, Nueva Zelanda, cuyos objetivos de producción van de acuerdo a las demandas del mercado, es decir, Australia y Nueva Zelanda ha disminuido el mercado de la lana, dado a que las fibras sintéticas han sustituido a los derivados de la lana del borrego, conjuntamente con el incremento de la demanda de carne de cordero; induciendo un cambio en las unidades de producción cambiando las razas de producción de lana por razas con mejores características en la producción de carne (PAPIR, 2008). El stock mundial en el 2008 era de alrededor de 1,078,178,799 de cabezas de ganado ovino, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: Asia 452,316,524 (42%), África 287,618,454 (27%), Europa 133,924,757 (12%), Oceanía 113,103,604 (10%), América del Sur 73,091,781 (7%), América del Norte y Central 18,123,679 (2%). Donde los países con mayor población ovina son: China, Australia, India, Irán, Sudán, Nueva Zelanda, Nigeria, Reino Unido (Carrera, 2008). México se ubica en el 6° lugar en Latinoamérica y el 38° a nivel mundial, en cuanto a su población ovina (Acero, 2005); pero en los últimos años está producción aumentó un 7% de 7.20 a 7.75 millones de cabezas de ganado, en un periodo de 2005 a 2008. Aunque su consumo no es generalizado como la

carne de bovino, porcino y pollo; pero permite la obtención de mayores ingresos para los productores debido al precio que se cotiza en el mercado nacional (PAPIR, 2008). En el año 2011 México contaba con un inventario de 8,219, 386 cabezas (SIAP, 2011), donde el Estado de México aporta (14.89%), Hidalgo (12.25%), Veracruz (8.71%), Puebla (6.8%), Jalisco (6.46%), Zacatecas (6.43%), Tamaulipas (4.12%), Chihuahua (4.01%) y Sinaloa (4.02%). El mercado en México ha tenido una creciente demanda interna de carne de ovinos en los últimos años; lo que representa una creciente oportunidad para incrementar la eficiencia y eficacia de los hatos, así como mejorar la inocuidad, trazabilidad y calidad de los productos y subproductos de los ovinos (PAPIR, 2008).

Parte de los productores utilizan su producción como fuente de ahorro, para emergencias familiares. Este tipo de productor depende de los pastizales nativos como fuente de alimento; lo que provoca estados de subnutrición, además que el encierro nocturno posibilita la transmisión y desarrollo de cuadros patológicos; como lo son enfermedades respiratorias, problemas digestivos, patologías pódales, afecciones de piel, nerviosas y reproductivas. Los problemas digestivos son atribuidos a cambios de dietas, infecciones parasitarias; donde el 90% de los casos se manifiesta la realización de desparasitaciones, aún sin la determinación del posible origen. Las enfermedades parasitarias no son el resultado de la relación hospedador-huésped-parásito; sino es la consecuencia de diversos factores, como: la situación climática y topográfica, el estado fisiológico de los animales, la edad, la nutrición, las condiciones de estabulación y pastoreo. Por ejemplo; el encierro nocturno en corrales estrechos, con poca ventilación, hacinamiento, alta humedad, materia fecal acumulada, animales de diversas edades en un mismo lugar de encierro, ausencia de comederos o bebederos, así como la falta de higiene de los mismos; condiciones de estrés favorecen una gastroenteritis parasitaria; estos cuadros son producidos por diversos géneros y especies de nematodos (Dibarrat, 2012).

### 3.2 Parasitosis gastrointestinales: principales especies de nematodos infectantes.

Los nematodos conocidos como “gusanos redondos”, poseen una gran capacidad adaptativa; pues existen un millón de especies, se han descrito cerca de 28, 000 géneros; de los cuales 16,000 son parásitos. Para su estudio, los nematodos han sido divididos de acuerdo a sus hábitos nutricionales y de hábitat, en 5 grupos: parásitos de animales, parásitos de plantas, parásitos del hombre, parásitos de insectos e invertebrados y los de vida libre (Mendoza de Gives *et al.*, 2011).

Nematodos parásitos de animales), son considerados de importancia económica; pues los animales dejan de comer, pierden peso, son susceptibles a contraer enfermedades, disminuyen su potencial productivo, y en caso de infecciones agudas pueden causar la muerte (Waruiru *et al.*, 2006). Se localizan en la mayoría de los órganos; sin embargo, es en el tracto digestivo donde se encuentran la mayoría de las especies. Tienen ciclo evolutivo directo o indirecto, y algunas de ellas tienen un importante papel como zoonosis (Quiróz, 1990).

#### 3.2.1 Características generales

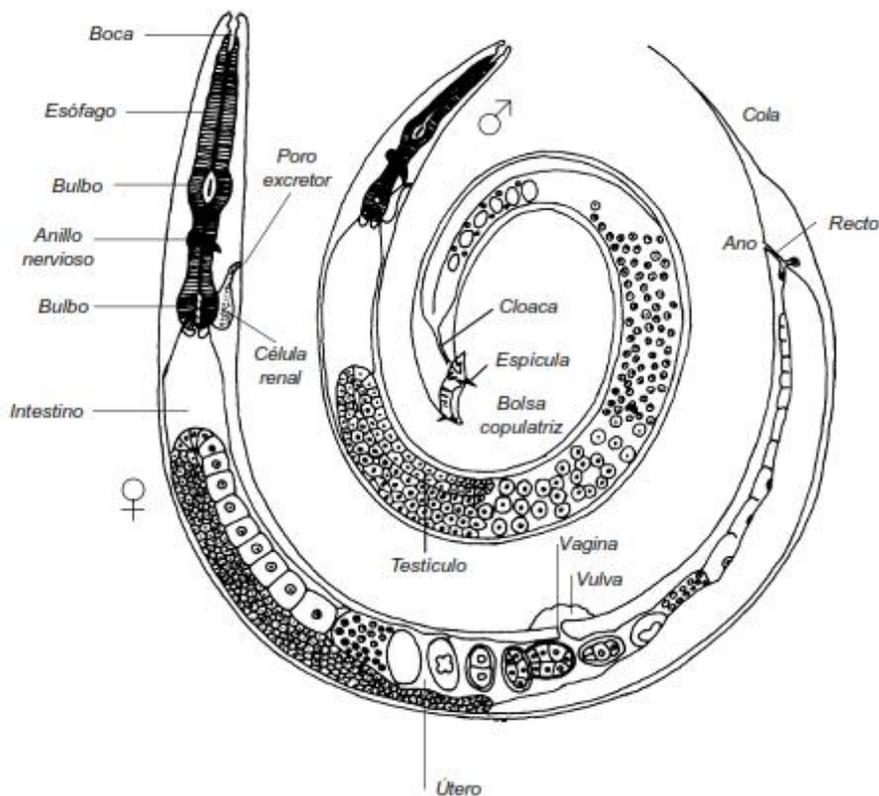
La clase nematoda carece de segmentación, son de forma cilíndrica con los extremos aguzados. El tamaño es variable, pues algunos no superan el milímetro y otros pueden medir más de un metro de longitud. El tegumento está formado por la cutícula, la lámina basal y la hipodermis. La cutícula cubre toda la superficie del cuerpo, la cavidad bucal, esófago, recto, cloaca, vagina y el poro excretor. Está formada por tres capas: cortical, basal y media. Los músculos son fibras longitudinales y se diferencian en somáticas y especializadas. El pseudoceloma es la cavidad del cuerpo limitada externamente por las células musculares somáticas e internamente por las células del tubo digestivo. Carece de una cubierta mesodermal comparable al peritoneo de los animales celomados. En su interior hay pocas células, entre las cuales quedan grandes espacios ocupados por el líquido celomático que baña a los órganos internos. La unidad funcional del sistema excretor de los nematodos es la célula renal de tipo glandular; se

comunican con el exterior a través de un poro excretor, situado a nivel del anillo nervioso (Ilustración No.: Anatomía de un nematodo). El sistema nervioso consiste en un anillo circumesofágico, compuesto por fibras nerviosas y ganglios que rodean el esófago; de donde emergen seis nervios que se dirigen hacia el extremo anterior; uno a la región medio dorsal, uno a la región medio ventral y de uno a tres nervios laterales. El aparato digestivo comprende tres porciones: anterior, media y posterior. La porción anterior incluye labios, boca, cavidad bucal y esófago. En las especies parásitas, la boca puede estar rodeada por labios o estructuras en formas de papilas, espinas o cerdas; puede abrirse en el fondo de una cápsula bucal de desarrollo variable con engrosamientos cuticulares, estiletes, dientes o láminas cortantes (Vignau *et al.*, 2005).

Ilustración 1: Anatomía general de un nematodo.

Fuente: Vignau *et al.*, 2005

La región media incluye el intestino; y la región posterior está revestida por



una invaginación cuticular que recubre el recto y ano en las hembras, y la cloaca en los machos. La mayoría son de sexos separados; pero se conocen especies partenogénicas y hermafroditas. Los machos frecuentemente son de menor tamaño que las hembras; poseen uno o dos testículos tubulares; existen estructuras sexuales accesorias denominadas espículas que pueden estar contenidas en vainas propias, además junto con las espículas puede haber engrosamientos cuticulares que se denominan gubernáculos; que facilitan la orientación de las espículas. Las hembras tienen uno o dos ovarios, uno o dos oviductos que en su extremo proximal se dilatan en el receptáculo seminal. Los oviductos se conectan con un útero tubular, en algunas especies el útero tiene dos ramas unidas a la vagina. Existen especies que expulsan los huevos mediante contracciones musculares de la vagina (Vignau *et al.*, 2005).

### 3.2.2 Ciclo Biológico

El desarrollo evolutivo de los nematodos incluye un estado de huevo, cuatro estados larvarios y el adulto. Entre cada estado larvario hay una muda; esta puede ser rígida o elástica, para permitir el crecimiento. Mediante acción enzimática cada estado larvario se libera de su envoltura para llegar al siguiente estado o entrar en hipobiosis.

El ciclo puede ser directo (un solo tipo de huésped) o indirecto (más de un huésped intermediario). En ambos casos los huevos o larvas producidas en el huésped definitivo no son infectante, es necesario el desarrollo larvario hasta la fase infectante.

En un ciclo directo el desarrollo ocurre en el suelo húmedo, la pradera o el agua; puede ocurrir que el estado infectante se desarrolle dentro del huevo como en el caso de *Ascaris*, *Oxyuris*, *Toxocara* y *Trichuris*, o que la larva eclosiona, se alimenta, mude a segunda larva; llegue a tercera larva, donde no se alimenta y conserva la muda hasta ser ingerida; como sucede con *Haemonchus* (Ilustración No. 2: Ciclo biológico de *Haemonchus contortus*). La infección en este ciclo generalmente es por la vía oral mediante la ingestión de huevos o larvas.

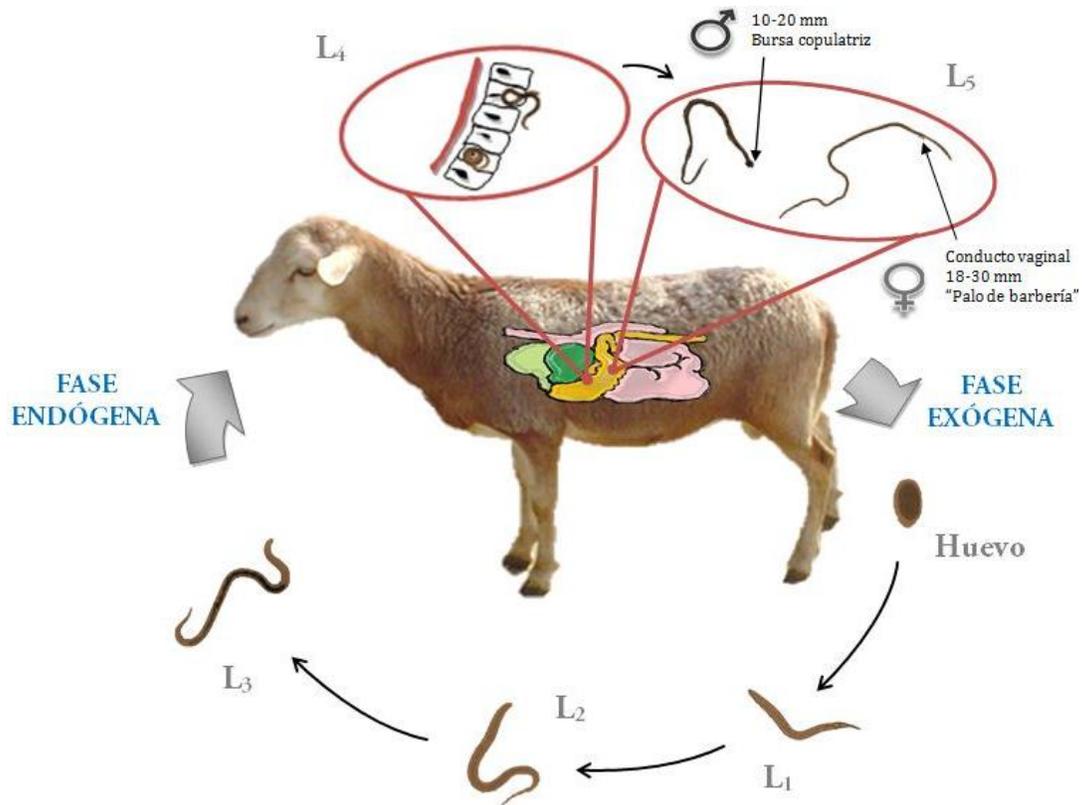


Ilustración 2: Ciclo biológico de *Haemonchus contortus*, los huevos de los nematodos salen junto con las heces del animal al ambiente; eclosionan en L1 entre las 24 y 30 horas, para posteriormente pasar a L2 en 2 o 3 días; las L2 una segunda muda para transformarse a L3, la larva infectante muda en el rumen, se transformada en L4 y penetra las criptas de las glándulas gástricas, inhibiendo su desarrollo hasta alojarse al lumen abomasal para transformarse en L5 y después transformarse en parásitos adultos, machos y hembras.

En el ciclo indirecto el desarrollo de la fase infectante ocurre en el huésped intermediario; donde generalmente la larva es ingerida por el huésped intermediario en donde alcanza la fase infectante, la transmisión puede ser vía oral mediante la ingestión del huésped intermediario, o por la picadura de artrópodos hematófagos que inoculan la fase infectante.

Después de ser ingeridos, la mayoría de los nematodos debe realizar una migración por diferentes órganos y tejidos para llegar al sitio donde alcanzarán su madurez sexual. La mayoría de los nematodos tienen reproducción sexual; la fecundación se realiza en las hembras después de la cópula, se forma una membrana que envuelve al huevo para continuar con su desarrollo embrionario; de acuerdo a la especie se podrán clasificar en ovíparo (el estado de desarrollo es de mórula al ser puesto, ej. *Ascarais* y *Haemonchus*); los ovovivíparos (al momento de ser puesto tiene el estado de embrión, ej. *Strongyloides westeri*); o vivíparos (la primera larva se forma en el útero, ej. *Dirofilaria* y *Trichinella*).

### 3.2.3 Principales especies infectantes de nematodos de animales.

Dentro de las nematodosis gastroéntéricas que afectan a los rumiantes, los géneros más importantes son: en el abomaso *Haemonchus*, *Mecistocirrus*, *Ostertagia* y *Trichostrongylus*; el género *Haemonchus* y *Trichostrongylus*, son considerados importantes desde el punto de vista patológico y epidemiológico en diversas zonas geocológicas, tanto templadas como cálidas, variando en algunas regiones las especies de estos parásitos (Soulsby, 1994). De acuerdo a la especie, y a su ciclo, el parásito tiene órganos específicos para alcanzar su fase adulta, donde se va a reproducir y alimentar; algunos parásitos pueden realizar algunas migraciones a otros órganos.

### 3.3 La resistencia antihelmíntica.

El control de las parasitosis causadas por nematodos, se ha basado en el uso de drogas antihelmínticas, que ya no es funcional a un 100% por la demostración del desarrollo de resistencia en las poblaciones parasitarias, debido a la exposición masiva y continúa del uso de estos productos (Dibarrat, 2012). Hay tres clases de fármacos principalmente usados para el control de nematodos:

benzimidazoles (por ejemplo: albendazol, febendazol), agonistas nicotínicos (ejemplo: levamisol) y lactonasmacrocíclicas (ejemplo: ivermectina). Desafortunadamente la resistencia se está desarrollando en estas tres clases de fármacos debido a su administración sin consideraciones diagnósticas (M.J. Stear *et al* 2006). La resistencia antihelmíntica es la derivación de la selección activa hecha por los antihelmínticos, de los genes que regulan los mecanismos fisiológicos y bioquímicos responsables de evadir el efecto letal de los fármacos (Cuellar, 2007). La evolución de la resistencia a antihelmínticos (RA) está determinada por el grado en el que los parásitos supervivientes a un tratamiento contribuyen con sus genes a futuras generaciones y es influenciada por la frecuencia y distribución de los tratamientos, eficacia de la droga, expectativa de vida y fecundidad de los gusanos adultos, tasa de infección larvaria, deposición de huevos, manejo de pasturas y condiciones pluviométricas (Cuellar, 2010).

#### 3.4 Alternativas de control.

Debido al problema que generan las parasitosis gastrointestinales y las desventajas que se han generado por el uso de tratamientos químicos antihelmínticos; se han buscado métodos alternativos de control y medidas preventivas para lograr disminuir de manera eficaz las cargas parasitarias a niveles aceptables para desarrollar el potencial productivo del ganado (Beltrao Molento, 2009). Dentro de las nuevas alternativas de control de las parasitosis gastrointestinales, se encuentran: rotación de potreros, control biológico, suplementación alimenticia, uso de plantas con actividad nematicida, vacunas y enfoques genéticos (M.J. Stear, 2006).

##### 3.4.1 Manejo de Praderas

El diseño de sistemas de pastoreo en el control parasitario deriva del hecho de que cuando los animales infectados se introducen en un potrero “limpio”, estos animales contaminarán el pastizal con los huevos de los parásitos, que salen al exterior conjuntamente con las heces, lo cual conlleva a la presencia de larvas infectantes (L3) en el pasto, al cabo de 8 días en promedio, con picos entre los 9 y los 13 días, cuyos niveles son apenas detectables en un lapso de 4 a 6 semanas.

Este sistema se desarrolló para la maximización del forraje y para aprovechar el insumo. Este método de control se basa en división de la superficie de pastoreo en un tiempo determinado, el ganado introducido por períodos no superiores a los cuatro días permitiendo un descanso a la pradera para la recuperación del pasto, se regresa el ganado al primer pastizal después de un periodo de 30 días y al dar un periodo de tiempo al descanso de la pradera, donde los parásitos van perdiendo actividad fisiológica y son afectados por las condiciones climáticas como el sol, al no ser ingeridos por el ganado se evita que continúen con su ciclo biológico (Morales & Pino, 1999), pues las larvas infectantes al no poseer boca, ni ano, no comen ni defecan; solo viven de sus reservas energéticas en pequeñas vacuolas con nutrientes que acumularon en su desarrollo como larvas del primero y segundo estadio. Este sistema es difícil de adoptar si no se cuenta con grandes extensiones de terreno. El pastoreo alterno entre ovinos y bovinos es considerado como una eficaz alternativa para el control parasitario. Este sistema se fundamenta básicamente en utilizar el ganado bovino como limpiadores de pastizales y posteriormente se ingresa el ganado ovino a potreros con 28 días de descanso pastoreo bovino y se hace un descanso de 72 días del pastoreo ovino (Morales & Pino, 1999).

#### 3.4.2 Plantas con actividad nematicida.

Este método está basado en el uso de plantas medicinales, pues desde hace muchas décadas el uso de extractos, infusiones y otras técnicas; han demostrado curar diversas enfermedades en humanos y animales; en distintas culturas del mundo. Ya sea en el tallo, en las hojas, en las raíces, están pueden contener composiciones químicas (taninos, terpenos, metabolitos, etc.) que muestran un efecto antihelmíntico (Mendoza de Gives, et al., 2011). Por ejemplo *Burcera copallifera* (copal) y *Prosopis laevigata* (mezquite), son dos de las siete plantas evaluadas que mostraron efecto nematicida *in vitro* contra *Haemonchus contortus*, con una mortandad superior al 80% (López Aroche *et al.* 2007). Es necesario realizar más estudios para poder establecer mecanismos de acción antiparasitaria utilizando esta herramienta natural que por los años se ha utilizado en la población

humana como medicina tradicional en diversas culturas del mundo para curar un número de padecimientos incluyendo la parasitosis.

#### 3.4.3 Estrategias nutricionales.

Está es una estrategia en la que se diseña una formulación con aporte adecuado de proteína y energía; con lo que se consigue el desarrollo del sistema inmunológico y sean más tolerantes a los parásitos adultos (Knox et al., 2006). Además de ha descubierto que algunos iones producidos por la oxidación de metales, como el cobre desencadenan un desorden metabólico, que provoca la muerte del parásito, como el caso de *Haemonchus contortus* (Waller et al., 2004).

#### 3.4.4 Control Biológico.

El control biológico se puede definir como un método o mecanismo donde el hombre hace uso de organismos antagonistas de otro organismo para el control de la población de este. En el caso de los parásitos se utilizan antagonistas naturales para disminuir las poblaciones parasitarias a niveles no perjudiciales para el huésped para evitar sus efectos nocivos (Larsen, 1999).

Entre los antagonistas naturales de los nematodos se encuentran: bacterias, hongos nematófagos, nematodos depredadores de otros nematodos, ácaros, entre otros (Gaugler y Bilgrami, 2004). Las características que debe de cumplir un organismo de control biológico son: virulencia hacia el nematodo, especificidad, capacidad de crecer, facilidad de producción, bajo costo y conservar la inocuidad de animales, humanos y hacia el ambiente (Verdejo, 2005)

##### 3.4.4.1 Nematodos caníbales.

Estos nematodos dependiendo de al grupo taxonómico que pertenezcan pueden clasificarse en Diplogastéridos o Monónquidos. Los Diplogastéridos capturan a su presa con una ancha cavidad bucal armada de dientes filosos que actúan como cuchillas, desgarrando tejidos. Los Monónquidos tienen una lanceta muy grande que actúa como aguja hipodérmica que es encajada en el cuerpo de sus presas para succionar el contenido corporal.

#### 3.4.4.2 Bacterias antagónicas de nematodos.

Existe un grupo de bacterias que ejercen de alguna manera una actividad letal para nematodos de diferentes grupos taxonómicos. La bacteria *Bacillus thuringiensis* produce células vegetativas en las que desarrolla una espora y un cristal proteico al cual se le ha encontrado ser una importante herramienta en el control de diversas plagas agrícolas, pero se han encontrado algunas cepas de esta bacteria que ejercen un efecto letal en contra de estadios larvarios de algunos nematodos parásitos de animales (Torres Acosta *et al.*, 2012). La bacteria *Pasteuria penetrans* también es considerada hiperparasita de nematodos, pues actúa como parásito obligado en algunas especies de nematodos penetrando su pared cuticular por medio de endosporas, disminuyendo la patogenicidad en los nematodos infectados.

#### 3.4.4.3 Hongos nematófagos.

Son microorganismos del suelo que consisten en una gran variedad y diversidad de hongos capaces de infectar y alimentarse de nematodos en su fase de vida libre. Su acción es más lenta cuando son comparados con los antihelmínticos pero reducen las poblaciones parasitarias sin ser patógenos para los animales, ni para el medio ambiente (Samuell *et.al.* 2008). Tienen la capacidad para producir órganos especializados para capturar y destruir a los nematodos para finalmente nutrirse de sus tejidos (Arroyo Balán *et al.*, 2008); algunas especies sólo precisan tener contacto con los nematodos para establecer infecciones, algunos necesitan ser ingeridos para cumplir su ciclo de vida.

##### 3.4.4.3.1 Clasificación de hongos nematófagos de acuerdo a su modo de acción.

#### **Hongos endoparásitos o endozóicos:**

Produce esporas para infectar a los nematodos. Las esporas pueden ser zoosporas móviles como el caso de *Catenaria spp.*; este se enquistas en el nematodo, adhiriéndose a él, penetrando la cutícula o como el caso de

*Drechmeria coniospora* y *Harposporium spp.*, donde sus conidios son ingeridos por los nematodos para desarrollarse y alimentarse del nematodo (Barron, 1977).

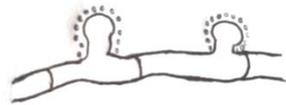
**Hongos ovicidas o parásitos de huevos:**

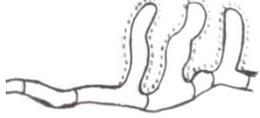
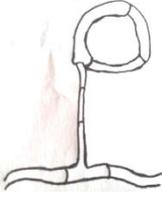
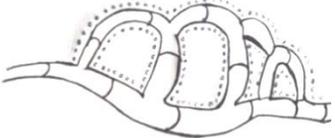
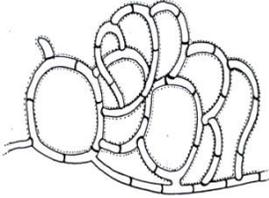
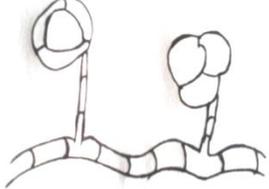
Se adhieren e invaden a los huevos de los nematodos por medio de dos mecanismos uno es por la simple penetración de la hifa a través de la cáscara del huevo y la otra es a través de la formación de un órgano específico de penetración (apresorios) que se desarrolla en la hifa al entrar en contacto con la cáscara del huevo (Sagués *et al.*, 2011), una vez dentro el contenido es digerido; los géneros más comunes son *Pochonia spp.*, y *Paecilomyces spp.*

**Hongos depredadores o atrapadores de nematodos:**

Estos hongos forman diversos tipos de órganos de captura a partir de la especialización de sus hifas. Son medios o buenos saprofotos, en muchos casos la formación de trampas debe ser inducida por los nematodos. Los órganos de captura pueden ser botones adhesivos, dedos adhesivos, anillos simples, redes adhesivas escalariformes, redes adhesivas y anillos constrictores (Tabla No. 1: órganos de captura de los hongos nematófagos atrapadores de nematodos)

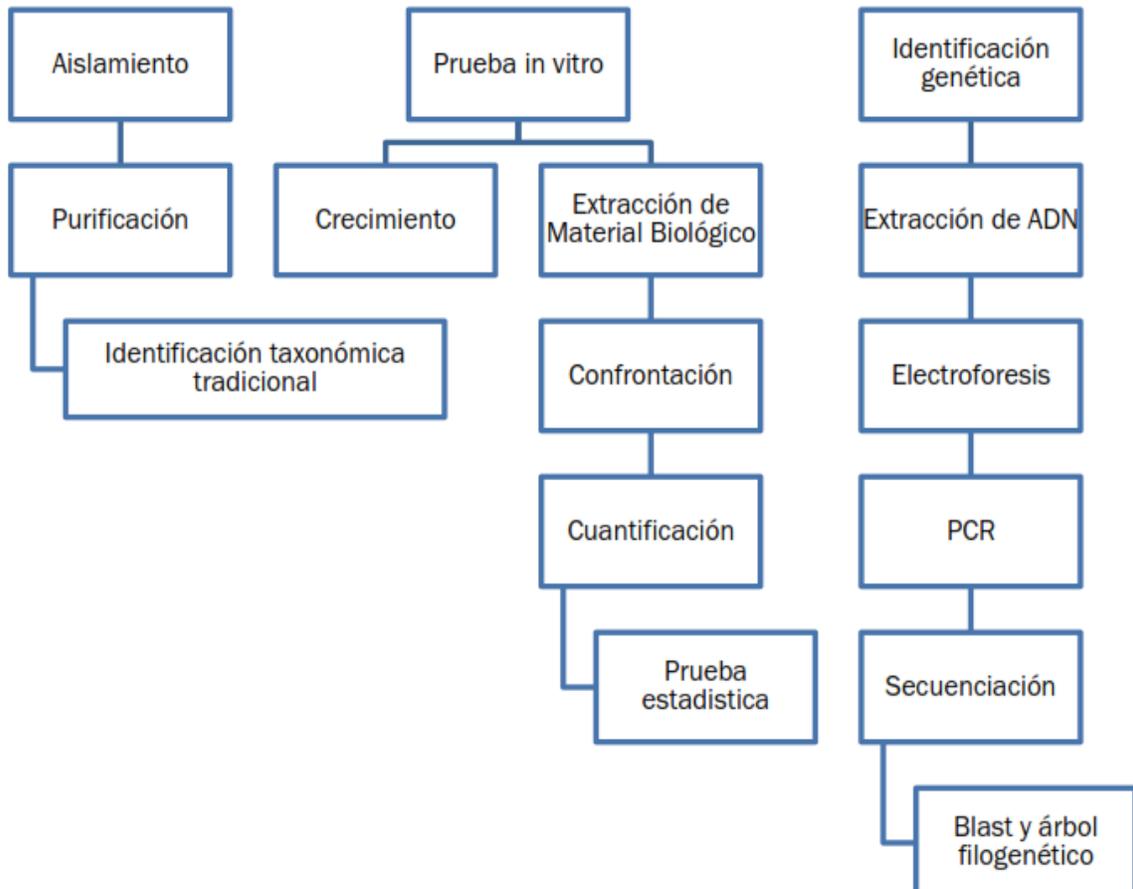
El hongo penetra la cutícula del nematodo por medio de un bulbo de infección, por medio de la trampa que se formo.

Tabla No. 1: Órganos de captura de los hongos nematófagos atrapadores de nematodos		
Fuente: Mendoza de Gives <i>et al.</i> 2009		
Órgano de captura	Descripción	
Botones adhesivos	Estructuras en forma de pequeños bulbos o botones que producen una sustancia adhesiva que inmoviliza a los nematodos.	

Ramas o dedos adhesivos	En forma de columna o dedos, donde los nematodos se adhieren a ellas.	
Anillos simples	Son órganos pasivos, de diámetro similar al de los nematodos del suelo. El nematodo es capturado al deslizarse a través del anillo.	
Redes adhesivas escalariformes	Inician su desarrollo como ramas adhesivas pero se anastomosan en su parte superior, los nematodos son capturados por adhesión.	
Redes adhesivas	Son redes adhesivas de anillos tridimensionales.	
Anillos constrictores	Están formadas por tres células que se hinchan al momento que el nematodo pasa por el interior del anillo.	

#### 4. Métodos para aislamiento, confrontación, identificación y aplicación pecuaria.

El objetivo de identificar, aislar, evaluar y reproducir un hongo nematófago, tiene como finalidad obtener un producto orientado a desarrollar un sistema alternativo para el control de parásitos (Control Biológico de Nematodos en Ovinos, 2009). El Cuadro N°2, representa la metodología general para lograr el aislamiento y evaluación de un hongo nematófago.



**Cuadro 2:** Metodología general para el aislamiento, evaluación e identificación de hongos nematófagos.

Fuente: Rojas Jiménez, 2013).

#### 4.1 Aislamiento

En la búsqueda de hongos nematófagos para controlar parásitos de rumiantes, se han llevado a cabo diversos experimentos a fin de detectar la presencia de tales hongos y evaluar su capacidad predadora (Samuell *et.al.* 2008). Pueden aislarse de diversos sustratos, como heces, tierra, raíces o materia orgánica. Para su aislamiento se recurre al método de espolvoreado en placa; la cual consiste en tomar entre 0.1 a 2 g de sustrato entre los dedos, y se espolvorea en un medio de cultivo bajo de nutrientes. Después del espolvoreado, se deja incubar por un tiempo para que los eventos biológicos tengan una secuencia y sucesión natural (Barron, 1977). La utilización de esta técnica requiere una observación continua de

las cajas, para la detección de material fungal, lo que lleva con ello pases subsecuentes en cajas de Petri con un asa de platino, tomando estructuras propias del hongo. De este modo se van transfiriendo hasta obtener la cepa pura bajo condiciones de esterilidad.

#### 4.2 Producción de hongos nematófagos.

Ya que se logra aislar el hongo en el cultivo puro, se recomienda utilizar un medio de cultivo con fuentes de carbohidratos y azúcares (Agar Papa Dextrosa); adicionado con un antibiótico de amplio espectro para inhibir el desarrollo de bacterias (Ulloa, 1978). Se transfiere con el asa bacteriológica estéril cualquier estructura fungal, se deja incubar de 6 a 8 semanas a temperatura ambiente. Pasado ese tiempo, el hongo se cosecha en condiciones estériles. Raspando sobre el agar con ayuda de una espátula de plástico estéril ya sea para su cuantificación y uso.

#### 4.3 Identificación.

La determinación del género y especie del hongo nematófago es de gran importancia, pues debido a ello dependerá la reproducción del biocontrolador, la manera de identificación puede ser por observación microscópica de acuerdo a la taxonomía del hongo nematófago y una forma más precisa es de acuerdo a las herramientas moleculares.

La identificación taxonómica se lleva a cabo mediante la observación microscópica de las estructuras que conforman los hongos: el tipo de micelio, esporas o conidios, conidióforos, órganos de captura y tipos de candelabros (Mendoza de Gives y Valero Coss, 2009), como no es posible identificarlos con solo la forma de sus conidios, el tipo de trampas que forman, pues suelen diferir en tamaño de conidios y conidiosporas (Cooke and Godfrey, 1964). Para una identificación más precisa de HN se puede recurrir a técnicas de biología molecular que mediante la comparación de secuencias de genes no codificantes para 28s rDNA, 5.8 rDNA, y  $\beta$ -tubulina (Li *et al.*, 2007), que se puede identificar de manera rápida y confiable la cepa de que se trata y pudiendo obtener la relación

filogenética comparada con cepas ya identificadas. Los hongos son organismos eucariontes por lo que poseen en su ribosoma dos subunidades grandes de ADN ribosomal que son la 40S y la 60S la cual a su vez esta codifica para tres genes la subunidad grande 28S la sub unidad pequeña 18S y el ges 5.8S, las cuales están separadas por las regiones de los espaciadores de transcripción interna (ITS), las regiones ITS al ser intrones se localizan en un área de alta variabilidad al no tener una función biológica aparente y por esto acumula mutaciones neutrales, lo que permite diferenciar individuos genéticamente relacionados (Rodríguez Gonzáles, 2007) La tubulina es una proteína que constituye uno de los mayores componentes de los microtubulos de las células eucariotas, los cuales están involucrados en todos los movimientos a nivel citoplasma y juega un papel fundamental en la mitosis. Para los análisis moleculares esta proteína es altamente conservada y común en células eucariotas es posible establecer comparaciones entre organismos incluso entre la misma especie (Rodríguez Gonzáles, 2007).

#### 4.4 Aplicación pecuaria.

El control biológico es un método de regulación de poblaciones de parásitos, que de forma natural o manipulada de organismos vivos (controladores), reducen la densidad poblacional de especies que causan enfermedad, sobre los cuales los controladores tienen capacidad antagónica, por lo que es una estrategia para mantener niveles de control permanentes, resultando, a pesar de la inversión inicial, una relación costo/ eficacia muy favorable.

El mecanismo de los hongos nematófagos corresponde al suministro por vía oral de hongos controladores, una vez que transitan a través del tracto digestivo, los hongos son eliminados en conjunto con las heces, lo que produce una gran cantidad de órganos especializados en la captura y destrucción de los nematodos del suelo, para posteriormente nutrirse de sus tejidos. Esto es un factor crítico de prevención, pues solo un 3 a 5% de la biomasa parasitaria de encuentra a nivel gastrointestinal, la fracción más significativa se ubica en la pradera; lo que implica

que la farmacología antiparasitaria de naturaleza química actúa a nivel intestinal, y no presenta efectos sobre la carga parasitaria disponible en la pradera.

Esta tecnología debe validarse en campo con animales parasitados de forma natural y en sistemas de producción intensivo y/o semi-intensivo, que es donde los parásitos se desarrollan en forma indefinida. Los biopreparados pueden ser proporcionados en agua de beber (Control Biológico de Nematodos en Ovinos, 2009) o como un suplemento alimenticio (CENID-PAVET,2010), que además de aportar nutrientes en la dieta, permitirá reducir las cargas parasitarias. Esta herramienta biotecnológica puede ser aplicada en programas intensivos o semi-intensivos de producción, tanto en ovinos como en otros rumiantes. El costo estimado de una dosis para un ovino de 30 kg., es de \$1.24, con dos periodos de tratamiento (CENID-PAVET, 2010). Esta metodología ataca las fases exógenas de los parásitos, la utilización combinada de otras medidas permitirá establecer un control potencial.

## **5. Discusión**

La presentación de la resistencia antihelmíntica en los parásitos es una amenaza creciente que preocupa tanto a los ganaderos, sino también a los médicos veterinarios, y la industria farmacológica pues se deben encontrar alternativas de control parasitario diferentes a los métodos de control químico, y así prevenir nuevas modificaciones génicas en las poblaciones parasitarias.

En la última década se han observado numerosos problemas derivados de la contaminación de alimentos, de residuos hormonales y de otros químicos, en este contexto la usencia de antiparasitarios de base natural ha limitado la producción de carne. Lo que pone a favor el uso de alternativas de control biológico, pues además de contrarrestar la creciente aparición de la resistencia antihelmíntica, se proporcionan beneficios al consumidor de carne ovina.

## **6. Conclusión**

El uso de las herramientas biotecnológicas permite la reducción de poblaciones parasitarias que generan impacto en la salud del ovino, la economía del

productor. Pues además de disminuir la presencia de resistencia antihelmíntica, generar beneficios económicos directos al reducir el uso de los medicamentos químicos, además de disminuir el impacto ambiental. Pues al usarse con menor frecuencia los tratamientos químicos, se evitara la amenaza de los productos comerciales sobre a fauna benéfica, sobre las poblaciones que juegan un papel crucial en el reciclaje de nitrógeno en la naturaleza. Con el uso de los sistemas alternativos de control, se espera que la necesidad de usar medicamentos químicos tenga una disminución constante, y que los costos de producción se mantengan con el uso de biopreparados.

## 7. Bibliografía

Acero C.M.(2005), El papel de México y América Latina en el comercio mundial de la carne ovina; Memoria electrónica de la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal, y XIX Reunión de la asociación Latinoamericana de Producción Animal; Tampico, Tamaulipas, México.

Arroyo Bálán F.L., Mendoza de Gives P., Lopez Arellano M.E., Liébano Hernández E., Vázquez Prats V., Miranda Miranda E., Ortiz de Montellano Nolasco A.M. (2008); Evaluating a combined method of control of the ovine haemonchosis under controlled conditions; *Téc Pecu Méx* 2008; 46(2): 217-223

Barron G.L. (1977), *The Nematode-Destroying Fungi*, Topics in Microbiology, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Canada. Canadian Biological Publications.

Beltrao Molento M. (2009), Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices, *Vet. Parasitology*, 163:229-243

Carrera Chávez B. (2008), La ovinocultura en México: una alternativa para los productores rurales; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Coordinación de Investigación y Posgrado, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, 27: 04-10

Control Biológico de Nematodos en Ovinos (2009), Fundación para la innovación agraria, XII Región de Magallanes, Chile; pp. 8-12

Control biológico de parásitos gastrointestinales de los ovinos (2010), Fichas tecnológicas por especie producto, CENID-PAVET, INIFAP, Morelos; pp.1-3

Cook R.C., Godfrey B.E.S. (1964) A key to the nematode destroying fungi; *Transactions British Mycological Society*, 47 (1):61-74.

Cuellar Ordaz a., (2007) Control no farmacológico de parásitos en Ovinos. Nematodos gastroentéricos, Producción animal Vº Congreso de Especialistas en Pequeños ruminantes y CAMELIDOS Sudamericanos, Mendoza, Argentina, pp.1

Cuellar Ordáz J.A., (2010) El control, medicación antiparasitaria y resistencia de parásitos a los tratamientos. Fortalecimiento del sistema producto Ovinos: tecnología para Ovinocultores., pp. 250-253

Dibarrat Acosta J., Roberto Montes de Oca Jiménez; Epidemiología de las enfermedades de los ovinos en México, Centro de Investigación y estudios avanzados en Salud Animal, FMVZ, UAEM, 2012.

Gaugler R., Bilgrami L.A. (2004) Nematode Behavior. CAB Publishing. Wallingfors, 219.

Iruegas, E. (14 de Septiembre de 2011). Dirección de Análisis Económico y Consultoría en FIRA. Recuperado el 22 de Junio de 2013, de Inforural: <http://www.inforural.com.mx>

Knox R.M., Torres Acosta J.F.J, Aguilar Caballero J.A. (2006), Exploiting the effect of dietary supplementation of small ruminants on resilience and resistance against gastrointestinal nematodes, *Vet. Parasitology*, 139: 385-390

Köler P. (2001), The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *Internat Journal Parasitology* 2001; 31:336-345

Larsen M. (1999), Biological control of helminthes; *International Journal for Parasitology*; 29:139-146

Larsen, M. Biological control of nematode parasites in sheep, *Journal of Animal Science*, *J AnimSci* 2006. 84:E133 pp.

Li Y., Hyde D.K, Jeewon R., Cai L., Vijakkishna D., Zang K. (2007) Phylogenetics and evolution of nematode – trapping fungi (orbiliales) estimated from nuclear and protein coding genes; *Mycology*, 97(5):1034-1046

López Arellano, Ma. E., Mendoza de Gives, P., Aguilar Marcelino, L., Liébano Hernández, E. (2010) Buenas prácticas en el manejo de antihelmínticos para el control de parásitos en rumiantes. Folleto Técnico No. 8. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria, INIFAP.

López Aroche U., Salinas Sánchez O.D., Mendoza de Gives P., López Arellano M.E., Liébano Hernández E., Valladares Cisneros G., Arias D.M., Hernández Velázquez V. (2008)., In vitro nematicidal effect of medicinal plants from “Sierra de Huatla”, Biosphere Reserve, Morelos, Mexico against *Haemonchus contortus* infective larvae. *J. Helminthology*; (81):1-8.

M.J. Stear, M. Doligalska, K. Donsknow-Schmelter; *Alternatives to anthelmintics for the control of nematodes in livestock*, 2006

Mendoza de Gives P., Alatorre R. (2011), Nematodos: Un mundo de gusanos; *Ciencia y Desarrollo*; Morelos, México, 237:40-44

Mendoza de Gives P., Torres Acosta J.F.J. (2011), Biotechnological Use of Fungi in the Control of Ruminant Parasitic Nematodes, En: Fungi: Types, Environmental Impact. pp. 389-408.

Mendoza de Gives P., Valero Coss R.O. (2009), Uso de hongos nematófagos: una herramienta biotecnológica para el control de nematodos parásitos del ganado, Folleto Técnico 7:13-17

Mendoza de Gives, P. (1999), "Interaction between nematodes and bio-control agents with potencial for use in bio- management systems." Ph.D. Thesis Faculty of Live Sciences, University of Nottingham, Nottingham, UK.

Morales G. y Pino L. A. (1999) Métodos alternativos para el control para los *strongylos* digestivos en ovinos. Laboratorio de parasitología, instituto de investigaciones veterinarias, CENIAP. 3-8.

PAPIR, Análisis Prospectivo Puebla, 2008.

Priego Cortes I. (2013), Evaluación in vitro y molecular de *Duddingtonia flagrans* en contra de *Haemonchus contortus* y *Meloidegyne*; Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Jiutepec, Morelos, pp.13-20

Quiroz Romero H. (1990), Parasitología, Ed. Limusa, México, D.F., pp. 368-390

Rodríguez González A.F., (2007), Caracterización molecular de poblaciones de *Colletotrichum* spp., asociadas a *Coffea arabica* en Colombia y su aplicación en el diagnóstico del CBD. Tesis de licenciatura, Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Industrial, Bogotá, Colombia.

Rojas Jiménez, S. (2013), Evaluación de la actividad nematocida in vitro del hongo *Clonostachys* sp., en contra de *Haemonchus contortus* (L3), y *Meloydogyne* sp (J2), Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Jiutepec, Morelos, pp. 21-24

SAGAR (2000) La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000" fuente publicaciones de la Dirección General de Ganadería o del Centro de Estadísticas Agropecuarias: <http://www.saagar.gob.mx>

SAGARPA. Resumen Nacional Pecuario (Lugar que ocupan los Estados por Producto 2011), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Pagina web: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)

Sagues M. F., Purslow P., Fernández S., Fusé L., Iglesias L., Saumell C.(2011) Hongos nematófagos utilizados para el control biológico de nematodos

gastrointestinales en el ganado y sus formas de administración Rey Iberoam Micol. 04:28:143-7.

Samuell C., Fusé L., Iglesias L., Fernández S., Fiel C. (2008), Enfoque bioecológico del potencial de los Hongos nematófagos en el control biológico de Tricostrongilídeos de rumiantes; Rev. Med. Vet. 89,2:45-54

Soulsby L. Parasitology in The United Kingdom and elsewhere over 30 years of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology. Vet. Parasitol 1994; 54:3-10

Torres Acosta J.F.J., Mendoza de Gives P., Águilar Caballero A.J., Cuellar Ordaz J.A., (2012) Antihelminthic resistance in sheep farms: update of the situation in the America continent, Veterinary Parasitology, Elsevier, 189:89-96

Ulloa M., Hanlin R. (1978) Atlas de Micología Básica, Editorial Pax, Mexico.

Verdejo S. (2005), Control Biológico de nematodos Fitoparásitarios, El control Biológico de Plagas y Enfermedades. La sostenibilidad de la agricultura Mediterránea; Publicacions de la Universitat Jaume I.D.L., Castelló, Pamplona, España; pp:153-169

Vignau M.L., Venturini L.M., Romero J. R., Eiras D.F., Walter U.; (2005), Parasitología Práctica y Modelos de Enfermedades Parasitarias en los animales domésticos, Capítulo 3: "Phylum Aschelminths", Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. pp. 73- 84

Waller P.J., Bernes G., Rudby Martin L., Ljungstrom B.L., Rydzik A. (2004), Evaluation of Copper Supplementation to Control Haemonchus contortus Infections of Sheep in Sweden; Acta VetScand., 45 (3): 149-160

Waruiru, R. M., Ayuya, J.M. Weda, E., Kimoro, C.O. (2006) Fatal haemonchosis in heifers in Kiambu District, Kenya: a case study. Bulletin of Animal Health and Production in Africa, Cab Abstracts. <http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstracts.aspx?AcNo=19940805141>