

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**Comprobación de la capacidad antiparasitaria del extracto de las hojas de
Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en ovinos.**

POR
JOSÉ MIGUEL ZÚÑIGA NAVARRETE

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Comprobación de la capacidad antiparasitaria del extracto de las hojas de
Neem (*Azadirachta indica A. Juss*) en ovinos.

POR
JOSÉ MIGUEL ZÚÑIGA NAVARRETE

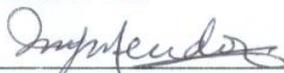
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

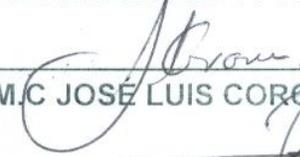
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


MC. MARGARITA YOLANDA MENDOZA RAMOS

VOCAL:


M.C. JOSÉ LUIS CORONA MEDINA

VOCAL:


M.C. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ

VOCAL SUPLENTE:


M.C. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Comprobación de la capacidad antiparasitaria del extracto de las hojas de
Neem (*Azadirachta indica A. Juss*) en ovinos.

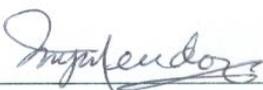
POR
JOSÉ MIGUEL ZÚÑIGA NAVARRETE

TESIS
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


MC. MARGARITA YOLANDA MENDOZA RAMOS


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
La División Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2015

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis, M. en C. Margarita Yolanda Mendoza Ramos, quien me brindó su apoyo y tiempo para la culminación de esta tesis.

A los maestros de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro quienes compartieron sus conocimientos, por su tiempo, dedicación, experiencias y por los buenos y malos momentos.

Al Q.C. Octavio Carmona Rodríguez, por apoyarme a realizar el estudio en las instalaciones del Laboratorio de Diagnóstico Clínico GENESIS, así mismo al personal que en él se encuentra: Dulce Pereda, Amayrani Velazco y Daniela.

A mi familia universitaria Eddy Ramírez, Enrique Vázquez, Karen Tapia, Mariela Sánchez, Marco Magdaleno y Rubén Hernández, por su apoyo y amistad quienes compartimos experiencias dentro y fuera de las aulas, me escucharon y aconsejaron cuando lo necesité.

Sobre todo al MVZ Ignacio Molina Villegas y a los productores de ovinos que me brindaron su apoyo y confianza para la realización de esta investigación.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en esta investigación, hago mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por darme la vida, estar conmigo en cada paso que doy y haber puesto en mí camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. Gracias por ayudarme a levantarme en mis fracasos, por aprender de ellos y principalmente por permitirme realizar el sueño más importante de mi vida que inicio hace 17 años.

A MIS PADRES

Claudio Zúñiga Morales y Verónica Navarrete Ruiz, gracias por confiar y creer siempre en mí, porque más que un logro mío, es suyo, gracias por todos los esfuerzos que hicieron los dos por sacarme adelante, por brindarme lo necesario, para darme armas y poder salir adelante y valerme por mí mismo, no tengo palabras para decirles cuanto les agradezco todo lo que han hecho por mí, por apoyarme en cada momento y en cada decisión de mi vida, por aconsejarme y escucharme, por aguantar mis malos ratos, y sobre todo por levantarme cada vez que sentía que ya no podía con la escuela, gracias a ustedes logre salir adelante y culminar ésta meta, los amo, me siento orgulloso y afortunado de tenerlos como padres, los amo mis viejitos con todo mi ser.

A MIS ABUELOS

Antonio Navarrete Martínez y Miguel José Zúñiga (D.E.P), por enseñarme a ser humilde, por inculcarme desde niño el amor a la tierra, al monte, al surco que nos alimenta, el gusto por los espacios abiertos y la felicidad de trabajar en el campo, gracias por ser mis fuentes de inspiración.

A MI FAMILIA

Mis hermanos Eduardo y mi hermosa princesa Claudia, mis primos Alfredo, Lizet y Pedro, mis tíos Amada, Martina, Flor y Pedro. Gracias por brindarme sonrisas que me alegran cuando estoy preocupado, por los inolvidables buenos momentos que compartimos y sus grandes enseñanzas, les agradezco el apoyo incondicional y creer siempre en mí hasta el final de mi carrera.

A MI AMIGO

Porter, mi amigo incondicional que siempre está a mi lado desvelándose conmigo, gracias por todos los paseos que nos hemos dado juntos, por escucharme pero sobre todo mi chavalon mil gracias por tu gran compañía.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mi alma mater, no puedo decir que es más que un orgullo y un honor pertenecer a ésta institución.

Esto es para ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Justificación.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia de los nematodos gastrointestinales para el Médico Veterinario.....	4
2.2 Clasificación Taxonómica de los nematodos.....	5
2.3 Parásitos gastrointestinales de mayor importancia.....	6
2.4 Ciclo biológico de los parásitos gastrointestinales.....	7
2.4.1 Fase exógena.....	7
2.4.2 Fase endógena.....	8
2.5 Distribución geográfica de nematodos gastrointestinales.....	9
2.6 Pérdidas económicas.....	10
2.8 Métodos químicos para el control de parásitos gastrointestinales.....	15
2.8.1 Bencimidazoles.....	16
2.8.2 Imidazotiazoles.....	17
2.8.3 Lactonas macrocíclicas.....	17
2.9 Necesidad del control de los parásitos gastrointestinales.....	18
2.10 Estrategias de control.....	19
2.11 Métodos biológicos para el control de los parásitos.....	20
2.12 Antecedentes de uso de desparasitantes de origen botánico.....	21

2.13 Historia.....	21
2.14 Taxonomía del Neem.....	22
2.15 Descripción botánica.....	23
2.16 Requerimientos edáficos y climáticos.....	23
2.17 Características de las semillas del Neem.....	24
2.18 Siembra y desarrollo de la planta.....	25
2.19 Cosecha y rendimiento.....	26
2.20 Como actúan los desparasitantes de origen botánico.....	27
2.21 Inhibidores de alimentación.....	27
2.22 Ventajas y desventajas de los desparasitantes vegetales.....	28
2.22.1 Ventajas.....	28
2.22.2 Desventajas.....	28
2.23 Si es natural no es venenoso.....	29
2.24 Estructura química azadiractina.....	29
2.25 Resistencia.....	30
2.26 Usos del Neem.....	31
2.26.1 Medicinal.....	31
2.26.2 Uso Veterinario.....	32
2.26.3 Uso forestal y de arborización.....	33
2.27 Perspectivas futuras.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1 Localización geográfica.....	35
3.2 Animales experimentales.....	35
3.3 Diseño experimental.....	36
3.4 Obtención y administración de las hojas de Neem (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss).....	36
3.5 Procesamiento de las muestras de heces fecales.....	37
3.6 Análisis de resultados.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
5.1.- Conclusiones.....	41
5.2.- Recomendaciones.....	41
VI. LITERATURA CITADA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Taxonomía de los nematodos.	3
Cuadro 2.	Taxonomía del árbol de Neem.	22
Cuadro 3.	Resultados del Grupo X (testigo sin tratamiento).	36
Cuadro 4.	Resultados del Grupo Y (20 gramos de hojas secas del Neem, disueltos en 60 ml del extracto de Neem con 3 aplicaciones a intervalos de 48 horas).	36
Cuadro 5.	Resultados del Grupo Z (Control positivo con Albendazol).	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química de Azadiractina.	28

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue comprobar el efecto del extracto acuoso de las hojas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre los nematodos gastrointestinales en ovinos, se llevó a cabo el experimento en una localidad del municipio Tuxtepec, Oaxaca. Se emplearon 18 ovinos criollos con un peso promedio de 30 kilogramos y edad promedio de 36 meses. Las hojas fueron cosechadas, deshidratadas y molidas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, lo cual fue mezclado en agua a una porción de 1gr/ 3ml y dejando en reposo durante 12 horas obteniendo el extracto acuoso que fue administrado por vía oral. Tomando como base anteriores investigaciones se administró la dosis efectiva del extracto y se determinó la frecuencia necesaria para emplear dicha dosis así mismo los géneros de nematodos susceptibles al Neem. Se colectaron muestras coprológicas directamente del recto en los 3 días antes y 7, 14 y 21 después de la aplicación de los tratamientos. El número de huevos por gramo en heces se estableció mediante la técnica de McMaster. Se realizó una base de datos de la información obtenida en la carga parasitaria estableciendo diferencias significativas para el número de huevos por gramo en heces antes y 7, 14 y 21 días después de los tratamientos y concluimos que el grupo tratado con 3 aplicaciones a la dosis de 20g/60 ml con intervalos de 48 horas es la forma efectiva para aplicar el extracto lo cual produce disminuciones en los géneros *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Haemonchus*, *Cooperia* y *Strongylus* en un 100%.

Palabras clave: Neem, nematodos, gastrointestinales, ovinos, criollos

I. INTRODUCCIÓN.

El ganado ovino es una fuente para la obtención de proteína animal, cuero y carne en beneficio de la sociedad humana; dentro de los problemas que afectan el desarrollo de sus poblaciones están las enfermedades parasitarias ocupando un lugar principal donde las condiciones agro-ecológicas y geoclimáticas en los trópicos favorecen su alta incidencia (Dublín *et al*, 2012). La helmintiasis es una de las enfermedades más comunes y económicamente importantes en el ganado, especialmente en los pequeños rumiantes. Afecta la productividad de los animales debido a la reducción en el apetito, pérdida de peso corporal, carne y lana, hipoproteinemia, deterioro de la eficiencia digestiva y retraso en el crecimiento y la mortalidad (Iqbal *et al*, 2012). Lo cual trae como consecuencia bajas utilidades a los productores, favoreciendo el desaliento y abandono de la actividad pecuaria (Soca, 2005). El control de las enfermedades parasitarias está basado en el regular tratamiento antihelmíntico y los antihelmínticos comerciales han sido considerados durante mucho tiempo como la única forma de controlar la infección parasitaria (Dublín *et al*, 2012). Por lo general ha recaído en el uso indiscriminado de fármacos antiparasitarios. Esta situación ha favorecido la aparición de resistencia a estos antiparasitarios, la que constituye una de los obstáculos de mayor peso para el control efectivo de las infestaciones por helmintos (Barrabí y Arece, 2013). Por lo anterior se hace necesario desarrollar herramientas agroecológicas amigables con el ambiente y capaces de controlar la plaga sin ocasionar problemas mayores a futuro. Una alternativa está dada por el uso de extractos de origen vegetal como una nueva herramienta recurrente. Entre estas alternativas se encuentra el árbol de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) que produce un compuesto insecticida natural y biodegradable llamado azadiractina, entre sus efectos se destacan la inhibición del apareamiento y comunicación sexual, impedimento de la ovoposición y eclosión de huevos, esterilidad en adultos, bloqueo de los pasos de mudas necesarias para entrar a la siguiente etapa del desarrollo, efecto anti-alimentario y el bloqueo de la síntesis de quitina

(Villamil, 2012). La OMS reconoció la necesidad de la investigación y movilización de las prácticas medicinales antiguas para cuidar a los animales y dio cuenta que el sistema tradicional de medicina puede tener un rol importante en el desarrollo del ganado en los países en desarrollo señala en 1993.

1.1 Objetivo.

Comprobar la eficacia del extracto de las hojas de Neem (*Azadirachta indica A. juss*) como antiparasitario en ovinos.

1.2 Hipótesis.

El extracto de las hojas de Neem (*Azadirachta indica A. Juss*) presenta propiedades antiparasitarias que justifican su empleo como fitofármaco alternativo para el control de parásitos gastrointestinales en ovinos en sistemas extensivos de pastoreo.

1.3 Justificación.

Debido al problema en el uso indiscriminado de los antihelmínticos, así como al incremento en el fenómeno de la resistencia antihelmíntica, la búsqueda de métodos alternativos de control de nematodos gastrointestinales (NGI) es una necesidad urgente (Rodríguez *et al*, 2011). Además, la persistente demanda del público por productos animales orgánicos, libres de químicos, obligan a los productores e investigadores a desarrollar alternativas para el control de parásitos gastrointestinales (Dublín *et al*, 2012). Una estrategia alternativa para el control de parásitos gastrointestinales la constituye el uso de las plantas a las que se le atribuyen propiedades antiparasitarias o por la acción propiamente dicha de sus principios activos, los que pueden constituir una alternativa de control por su aplicabilidad desde el punto de vista orgánico, sustituyendo el uso de químicos sintéticos (Barrabí y Arece, 2013). El Comité Nacional de Investigación (NRC, 1992) de Estados Unidos publicó un reporte titulado “*Neem: A Tree for Solving Global Problems*”; considerando el árbol del Neem como el recurso natural más comprometido de todas las plantas por sus múltiples propiedades y usos, que beneficiará a toda la población humana.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Importancia de los nematodos gastrointestinales para el Médico Veterinario.

La parasitosis provocada por NGI, representa uno de los problemas sanitarios más severos a nivel mundial ya que afectan en forma continua al ganado ovino, principalmente a los animales jóvenes en desarrollo, limitando su crecimiento y productividad (Barger, 1996).

Originando pérdida de peso, anorexia, anemia, retardo en el crecimiento, retraso en la madurez sexual, disminución en la producción de carne y leche, y favorece la susceptibilidad a enfermedades secundarias, provocando pérdidas cuantiosas en la producción. El parasitismo por nematodos gastrointestinales provoca una pérdida promedio en sangre de 0.05 ml/día con una rápida caída en el volumen de células y el descenso en la absorción de hierro desde los intestinos causando una severa anemia y muerte súbita según (Khalid *et al*, 2005).

Los helmintos parásitos, además de producir parasitosis con morbilidades y mortalidades diversas, pueden tener un efecto perjudicial sobre sus portadores; por ejemplo, causar inmunosupresión a antígenos timo dependientes en donde se afecta la respuesta inmunitaria hacia antígenos vacúnales y de diagnóstico (Bautista, 2009).

En los animales productivos los parásitos gastrointestinales reducen la producción de carne, leche, huevo, lana y otros productos para el consumo y uso humano; en los animales de deporte reducen el rendimiento físico y en los animales de compañía representan un importante riesgo de transmisión de parásitos a los humanos (Rodríguez *et al*, 2001).

2.2 Clasificación Taxonómica de los nematodos.

El phylum Nematoda incluye el grupo más numeroso de parásitos de los animales domésticos (**Cuadro 1**) y del hombre. Su cuerpo es cilindroide, no segmentado con un tracto intestinal y una cavidad general. Son de forma redonda en sección transversa y están cubiertos por una cutícula más o menos resistente a la digestión intestinal. Se localizan en la mayoría de los órganos; sin embargo, es el tracto digestivo en donde se encuentran la mayoría de las especies. Tienen ciclo evolutivo directo o indirecto y algunas de ellas tienen un importante papel como zoonosis (Quiroz, 2002)

Cuadro 1. Taxonomía de los nematodos.

Phylum	Clase	Orden	Superfamilia	Familia	Genero	
Nematelmintos	Nematoda	Strongylida	Trichostrongyloidea	Trichostrongylidae	Trichostrongylus Ostertagia Haemonchus Cooperia Hyostrogylus Nematodirus	
				Dictyocaulidae	Dictyocaulus	
			Strongyloidea	Strongylidae	Strongylus Triodontophorus Chabertia	
				Cyathostornidae	Cyathostomum Oesophagostomum	
				Anclyostomatidae	Anclyostoma Bunostomum Uncinaria	
				Staphanuridae	Stephanurus	
				Metastrongyloidea	Metastrongylidae Protostrongylidae	Metastrongylus Muellerius Protostrongylus
			Rhabditida	Rhabditoidea	Strongyloididae	Strongyloides
				Ascaridoidea	Ascarididae	Ascaris Parascaris Toxocara Toxascaris
			Ascaridida			
				Oxyuroidea	Oxyuridae	Oxyuris Habronema
				Spiruroidea	Spiruridae	Draschia Ascarops Physocephalus
			Spirurida		Setaridae Onchocercidae	Setaria Dirofilaria Dipetanolema Onchocerca
				Filaroidea		
				Dioctophymatoidea	Dioctophymidae	Dioctophyma
Enoplida	Trichuroidea	Trichuridae Trichinellidae	Trichuris Capillaria Trichinella			

(Quiroz, 2002)

2.3 Parásitos gastrointestinales de mayor importancia.

En los trópicos las infecciones en condiciones naturales normalmente son mixtas, ocasionadas principalmente por los géneros *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Cooperia* y *Oesophagostomum*. Estas infecciones tienen como

consecuencia trastornos digestivos y metabólicos que repercuten en la salud y bienestar del hato (Rodríguez *et al*, 2011).

Dentro de las parasitosis gastrointestinales que afectan a los rumiantes, los géneros más importantes son: *Haemonchus*, *Ostertagia* y *Trichostrongylus*, en el abomaso; *Cooperia*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Bunostomum* y *Strongyloides*, en el intestino delgado; y *Oesophagostomum*, *Chabertia*, *Trichuris* y *Agriostomum*, en el intestino grueso. De estos nematodos los géneros *Haemonchus*, *Cooperia*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus* y *Oesophagostomum* son considerados como los más importantes desde el punto de vista patológico y epidemiológico, por encontrarse distribuidos en las más diversas zonas geocológicas del planeta y ser producidos por una amplia gama de especies, las cuales pueden variar según las regiones (Soca *et al*, 2005).

Los parásitos gastrointestinales más frecuentes son los estrongilos digestivos, especialmente los géneros *Cooperia ssp*, *Haemonchus ssp*, *Trichostrongylu ssp*, *Ostertagia ssp* y *Strongyloides ssp* (Baker, 1999).

2.4 Ciclo biológico de los parásitos gastrointestinales.

La mayoría de los NGI que infectan a los rumiantes comparten el mismo ciclo de vida y esta comprende dos fases: exógena y endógena (Rodríguez *et al*, 2011).

2.4.1 Fase exógena.

En la fase exógena, libre o no parásita los huevos producidos diariamente por las hembras de los diferentes NGI son eliminados en las heces fecales al suelo donde se exponen al medio ambiente externo. En condiciones ambientales propicias (humedad relativa >80%, temperatura de 20-35 °C y presencia de oxígeno) los

huevos se transforman a larvas que pasan por diferentes estadios como larva 1, larva 2 y larva 3. La larva 3 es la fase infectante. Su capacidad de migración horizontal y vertical le permite salir de las heces y subir a la vegetación, para que los bovinos puedan ingerir las larvas 3 al momento de consumir la vegetación (Rodríguez *et al*, 2011).

2.4.2 Fase endógena.

La fase endógena o parásita se inicia con la ingestión de la larva 3 y termina con el desarrollo de los parásitos, la cópula y la producción de huevos. Una vez dentro del sistema digestivo, con el incremento del pH que ocurre en el rumen, la larva 3 muda mediante la secreción de la enzima leusinoaminopeptidasa producida por sus células neurosecretoras. Las larvas de los nematodos del abomaso (*Haemonchus*, *Trichostrongylus* y *Ostertagia*) liberan la vaina en el rumen y los que habitan en el intestino delgado y grueso la liberan en el abomaso. Las larvas 3 penetran la membrana mucosa o entran en las glándulas gástricas, donde se transforman en larva 4. Aquí permanecen entre 10 y 14 días, y su desarrollo puede inhibirse temporalmente por condiciones fisiológicas adversas. Posteriormente las larvas 4 dejan la mucosa y se alojan en el lumen abomasal para transformarse en larvas larvas 5 y después en parásitos adultos, hembras y machos. El período prepatente en la mayoría de los *Trichostrongylus* ocurre entre las tres y cuatro semanas. Las larvas infestantes penetran la lámina de la pared intestinal, se forman nódulos fibrosos, emergen en el lumen del intestino después de aproximadamente dos semanas y maduran en las cuatro semanas siguientes. En animales previamente infestados las larvas pueden pasar un período de tiempo prolongado (de tres a cinco meses) en los nódulos, muchas pueden morir y finalmente calcificarse (Soca *et al*, 2005).

Existen investigaciones en las que se han observado que la producción de huevos por hembras adultas puede variar en dependencia del género de nematodos. El número de huevos producidos por una hembra también puede estar influido por el

número de parásitos adultos alojados en los órganos, el estadio de infestación, la relación macho-hembra, el nivel de inmunidad, la edad, el estado fisiológico del hospedero y la consistencia de las heces fecales. Por otra parte, dentro del ciclo de vida de los nematodos gastrointestinales se encuentra un proceso que puede alterar el ciclo normal de los vermes, al cual se le denomina larvas en hipobiosis, arresto larvario o desarrollo inhibido. Las principales causas de hipobiosis en las larvas son las condiciones ambientales, las condiciones de salud del hospedero y la nutrición, entre otras. Esto ocurre preferentemente con los géneros *Haemonchus* y *Ostertagia*, pero aún no están completamente definidos los mecanismos que favorecen el desenquistamiento de las larvas para continuar el desarrollo de su ciclo biológico; la única evidencia que se tiene es el cambio en los niveles hormonales de las hembras (Soca *et al*, 2005).

El período de hipobiosis o desarrollo larvario tisular en letargo temporal tiene un papel muy importante en la epidemiología de los nematodos gastrointestinales, ya que permite que la cuarta larva se conserve en la pared intestinal durante el período o estación en que las condiciones climáticas y ambientales generalmente no son favorables para el desarrollo de los estados evolutivos fuera del huésped; ello favorece que el parásito no envejezca y que cuando las condiciones se vuelvan favorables, los huevos que salen tengan más posibilidades de sobrevivir y, por tanto, establecer un nuevo ciclo evolutivo (Quiroz, 2002).

2.5 Distribución geográfica de nematodos gastrointestinales.

Los NGI están ampliamente distribuidos en los países tropicales y subtropicales, especialmente en aquellas regiones donde los pastos constituyen la base alimentaria de los rumiantes, y las condiciones climáticas, principalmente la temperatura y la humedad, favorecen la eclosión y el desarrollo de los huevos hasta larvas infestantes durante todo el año (Quiroz, 2002).

Los diferentes géneros de Trichostrongilidos tienen distribución geográfica cosmopolita; sin embargo, algunos estudios señalan que existen zonas donde predominan ciertas especies; *Trichostrongylus* sp. y *Cooperia* sp. predominan en regiones templadas, a diferencia de *Ostertagia* sp. y *Nematodirus* sp. que dominan en regiones templadas nórdicas y regiones subpolares; *Haemonchus* sp., *Strongyloides* sp. así como *Oesophagostomum* sp, predominan en el cinturón ecuatoriano, entre los paralelos 30 Norte y Sur. Los nematodos *Haemonchus* sp. *Mecistocirrus* sp., *Trichostrongylus* sp, *Cooperia* sp. y *Oesophagostomum* sp son considerados importantes desde el punto de vista patológico y epidemiológico en diversas zonas geocológicas, templadas y cálidas (Soca et al, 2005).

México cuenta con grandes áreas geocológicas que presentan condiciones favorables para la proliferación de parásitos. En regiones como el subtrópico húmedo, se han registrado: *Haemonchus placei*, *Haemonchus similis*, *H. contortus*, *Cooperia punctata*, *Trichostrongylus axei* y *Oesophagostomum*; mientras que en regiones subtropical seco, los nematodos registrados corresponden a: *Haemonchus similis*, *H. contortus*, *Trichostrongylus axei* y *Oesophagostomum radiatum* (Soca et al, 2005).

La distribución geográfica de los NGI es mundial, en México se han reportado especies de los siguientes géneros *Haemonchus*, *Cooperia*, *Mecistocirrus*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Strongyloides*, *Nematodirus*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum* y *Toxocara*. *Trichuris*, *Chabertia* y *Capillaria* principalmente. La frecuencia y la intensidad varías de acuerdo al clima, sistemas de manejo, importación de animales, etc. (Quiroz et al, 2011).

2.6 Pérdidas económicas.

La importancia de las enfermedades por nematodos gastrointestinales en todos los sistemas de producción animal, está determinada por la magnitud del daño

productivo y económico que ocasionan. Los estadios parasitarios de vida libre, parásitos en las pasturas, superan el 90% de la población parasitaria presente en un sistema productivo (Barrios, 2013).

Es de considerar de suma importancia para el desarrollo económico de la ganadería, el conocimiento de los problemas originados por los parásitos gastrointestinales, los cuales provocan trastornos digestivos que interfieren en la nutrición y desarrollo normal del individuo, además de favorecer la susceptibilidad de enfermedades secundarias, así como pérdidas cuantiosas a la producción (Cervantes *et al*,1997).

El impacto de las parasitosis por NGI se evidencia en las elevadas pérdidas económicas, debido a la reducción de la ganancia de peso (hasta un 50 %), las muertes (20-50 %), así como a los gastos por la intervención del médico veterinario y los tratamientos utilizados para su control (Medina *et al*, 2014).

El control de las enfermedades parasitarias está basado en el regular tratamiento antihelmíntico y los antihelmínticos comerciales han sido considerados durante mucho tiempo como la única forma de controlar la infección parasitaria; sin embargo, ellos son caros y generalmente no disponibles a los campesinos en las áreas rurales (Dublín *et al*, 2012).

Se estima que el gasto anual mundial para combatir esta problemática en el ganado es de \$1.7 billones de dólares Americanos. La infección por NGI es reconocida como el mayor obstáculo en la producción de rumiantes en zonas tropicales como el estado de Yucatán. Las pérdidas económicas indirectas se deben al aumento en los costos de control (antihelmínticos, mano de obra, equipos), reducción en la calidad de la canal y predisposición a otras enfermedades. Las cifras mundiales indican que cada año se pierden alrededor de \$ 4 billones de dólares americanos como resultado de estas infecciones (Rodríguez *et al*, 2011).

2.7 Resistencia a los antihelmínticos.

Actualmente, los fármacos antihelmínticos son el principal método de control de los NGI en los rumiantes, y en el mercado existen varias familias de antiparasitarios con diferentes mecanismos de acción. Dicha estrategia de control ha sido efectiva durante varios años; sin embargo, a nivel mundial ha sido notoria la disminución de la eficacia de estos tratamientos, debido a la frecuencia de administración, la subdosificación, la elección errónea del fármaco o la rápida reinfección, lo cual ha generado un fenómeno conocido como resistencia antihelmíntica (Medina *et al*, 2014).

La resistencia antihelmíntica es la habilidad de una población de parásitos para resistir dosis de antiparasitarios significativamente mayores a las necesidades para matar una población normal. Es decir, cuando se administra un desparasitante, a dosis y en forma correcta, a animales enfermos y no actúa convenientemente, estamos ante problemas de resistencia antihelmínticas. Otros autores la definen como: La capacidad heredable de algunos nematodos para sobrevivir al tratamiento con drogas antihelmínticas a dosis terapéuticas (Guerra *et al*, 2004).

Existen algunas desventajas graves de usar estos antihelmínticos como son problemas de residuos químicos en productos alimenticios de origen animal, toxicidad y el desarrollo de resistencia por parte de los NGI frente a esos medicamentos donde esta última está extendida en la especie ovina y constituye un obstáculo serio para el efectivo control de las infecciones por helmintos en esta especie (Nari y Hansen, 1999).

En México, existe un primer reporte de resistencia data de 1990, desde entonces se han realizado notificaciones de poblaciones de nematodos resistentes a los bencimidazoles y a la ivermectina, pero se desconoce qué tan extendido está el problema. *Haemonchus contortus*, es uno de los principales nematodos involucrados en resistencia a los antihelmínticos, se han detectado poblaciones

resistentes a los bencimidazoles (albendazol, fenbendazol, oxfendazol, febantel, sulfóxido de albendazol) y a las ivermectinas, sin embargo se desconoce la situación nacional (Quiroz *et al*, 2011).

En México, fue en 1988 que se reportó por primera vez la aparición de resistencia antihelmíntica (*H. contortus* resistente al albendazol). En Yucatán en un estudio realizado en la zona oriente del estado, se encontró un 15.8% de resistencia al bencimidazol en rebaños de ovinos y un 23.7% sospechoso (Rodríguez *et al*, 2011).

Desde 1985, la ivermectina se ha utilizado para el control de NGI debido a su alta eficacia, facilidad de uso y larga persistencia contra nematodos gastrointestinales y artrópodos. Sin embargo, su uso irracional ha conducido al desarrollo de la resistencia antihelmíntica. La presencia de nematodos resistentes a la ivermectina ha sido ampliamente reportado en cabras y en ovinos de todo el mundo (Canul *et al*, 2012).

En México solamente existe un reporte de NGI resistentes a la ivermectina (100 % de frecuencia) en el trópico húmedo. Se reportó por primera vez en el trópico sub-húmedo mexicano (Yucatán) la presencia de NGI resistentes a la ivermectina en ranchos bovinos. En este estudio se encontró que el 78.6 % (21.4% sospechoso) de los hatos bovinos presentan NGI resistentes a la ivermectina. Los géneros identificados como resistentes son: *Ostertagia*, *Haemonchus*, *Cooperia* y *Trichostrongylus*. (Rodríguez *et al*, 2011).

Existen varias pruebas para poder detectar la resistencia hacia uno o varios antihelmínticos en las poblaciones de NGI y pueden ser agrupadas en dos clases: las pruebas *in vivo* y las pruebas *in vitro*.

1.- Pruebas *in vivo*.

- A) Prueba de reducción HPG: esta prueba fue diseñada para evaluar la eficacia de los antihelmínticos comerciales a nivel de campo. Se basa en comparar la HPG entre el grupo no tratado y aquellos tratados con antihelmíntico. Esta prueba ofrece la ventaja de evaluar las tres principales familias de antihelmínticos de amplio espectro (bencimidazoles, lactonas macrocíclicas y levamisol) así como productos de espectro limitado (closantel). Esta prueba se basa en el uso de la cuenta de huevos en heces utilizando una técnica de conteo como el McMaster y el cultivo de heces para conocer los géneros involucrados en la resistencia antihelmíntica.
- B) Prueba de eficacia controlada: En esta prueba se comparan las cargas parasitarias después de un tratamiento antihelmíntico en animales infectados artificialmente con una cepa susceptible o una cepa sospechosa de ser resistente. Se usa para evaluar la eficacia de bencimidazoles, lactonas macrocíclicas y levamisol contra los estadios adultos y larvarios de los NGI. Sin embargo, su uso es limitado ya que implica el sacrificio de los animales.

2.- Pruebas *in vitro*.

- A) Prueba de eclosión de huevos: Fue desarrollada para detectar resistencia antihelmíntica hacia el grupo de los bencimidazoles. Para la realización de esta prueba los huevos de nematodos son obtenidos de animales infectados naturalmente o a través de una infección inducida. Después de limpiarlos se exponen al fármaco y se incuban por 48 h a una temperatura de 28°C. Al final de este tiempo se añade una gota de lugol para detener la eclosión y posteriormente se procede a contar el número de huevos que eclosionaron y no.
- B) Prueba de inhibición de la migración larval: Se basa en la propiedad de algunas fármacos como el levamisol, el pirantel y el morantel. Las larvas

de los parásitos son expuestas a diferentes concentraciones del fármaco.

- C) Prueba del desarrollo larval: En esta prueba los huevos de nematodos o larvas L1 son expuestos a diferentes concentraciones del antihelmíntico, incorporándolo dentro de una placa con pozos que contiene un medio nutritivo. Se incuban por 7 días a una temperatura de 28⁰C y al final se mide el efecto del antihelmíntico sobre el desarrollo a larva L3.
- D) Pruebas moleculares: Actualmente sólo se conoce la base molecular de la resistencia hacia los becimidazoles la cual es causada por una mutación en el gen β -tubulina la cual ha sido relacionada en una variedad de especies de nematodos gastrointestinales. Existe diversos protocolos de este tipo de prueba pero todas detectan la misma (Rodríguez *et al*, 2011).

2.8 Métodos químicos para el control de parásitos gastrointestinales.

Los antihelmínticos disponibles en la actualidad se agrupan de acuerdo con su naturaleza química y sus efectos sobre los parásitos. En este sentido, los benzimidazoles, los imidazotiazoles y las lactonas macrocíclicas son los más utilizados para el tratamiento de las parasitosis por NGI, ya que son considerados antiparasitarios de amplio espectro. La mayoría de estos compuestos son altamente efectivos; pero se deben usar y elegir adecuadamente sobre la base de criterios técnicos, con el fin de obtener respuestas clínicas favorables. Algunos factores, tales como la naturaleza química del compuesto, las propiedades farmacocinéticas, las características de los animales, las características biológicas de los parásitos y el uso inadecuado, limitan y disminuyen el efecto de los fármacos; además de originar poblaciones de parásitos resistentes a estos principios activos (Medina *et al*, 2014).

Es necesario conocer lo más ampliamente posible los diferentes grupos o familias de compuestos químicos que afectan a los nematodos gastrointestinales. Los más

comunes en México son: Imidazotiazoles: (levamisol), Bencimidazoles (albendazol, fenbendazol, febantel, mebendazol, oxibendazol, oxfendazol), Lactonas macrocíclicas: ivermectina, doramectina, moxidectina, eprinomectina. Cada uno de estos compuestos tiene un espectro sobre diversas especies de nematodos, la vía de aplicación varía, así como su toxicidad y vías de eliminación. Se puede mencionar que cada uno tiene ventajas y desventajas, que pueden ser de orden económico, toxicidad, de espectro de especies, de extensión en contra de estadios inmaduros, de eliminación en leche, de efecto teratogénico etc., que deben ser considerados, para aplicarlos en un programa de control (Quiroz *et al*, 2011).

2.8.1 Bencimidazoles.

Los benzimidazoles son compuestos sintetizados a partir de la construcción de un anillo benceno con el sustitutivo deseado y de 1 o 2 grupos diaminos, en el anillo de cierre y el derivado del 1,2 diaminobenceno. De acuerdo con el radical incluido en posición 2, se generará el benzimidazol normal o el benzimidazol carbamato, siendo éste último del cual se obtienen los benzimidazoles más modernos. Los benzimidazoles son antiparasitarios de gran espectro con un buen margen de seguridad y baratos. Se caracterizan por su efecto específico contra nematodos, sobre todo los gastrointestinales, pero algunos de ellos pueden abarcar en su espectro efectos cestocidas, trematocidas, larvicidas y ovicidas (Sumano y Ocampo, 2006).

Los bencimidazoles. Alteran la función y estructura de los microtúbulos en las células intestinales de los nematodos e inhiben el sistema enzimático de la fumarato reductasa, la cual es vital para la producción de energía en la mayoría de los parásitos (Rodríguez *et al*, 2011).

2.8.2 Imidazotiazoles.

Los imidazotiazoles son antihelmínticos de gran eficacia, de amplio espectro de actividad que actúan contra gusanos pulmonares y la mayoría de los NGI, en particular las formas adultas. En su estructura química, tienen un grupo fenil y un grupo imidazol y la forma L activa. Dentro de este grupo se consideran las siguientes moléculas: levamisol, tetramisol, morantel y butamisol. En general, tiene absorción por vía oral y el mecanismo de acción consiste en mimetizar la acción de la acetilcolina. A dosis terapéuticas actúa a nivel ganglionar ocasionando una contracción muscular generalizada y parálisis. A dosis superiores, puede inhibir la fumarato reductasa, también causa la salida de iones de Na⁺ de membranas musculares despolarizadas produciendo parálisis espástica. Con frecuencia aparecen efectos indeseables en el hospedador como: aumento del peristaltismo, aumento de las secreciones y paro respiratorio. Interactúan con inhibidores de la acetil colinesterasa o potenciadores colinérgicos (agonistas) y estimula el sistema inmune, la diferenciación de los linfocitos del tipo T y la respuesta inmune. Los imidazotiazoles se usan para tratar algunas inmunodeficiencias, enfermedades crónicas y neoplasias, donde la actividad del sistema inmune es importante; además, requieren de un periodo de retiro antes del sacrificio en promedio de siete días, ya que se acumula a nivel del hígado y riñón (Solano, 2003).

Los imidazotiazoles. Actúan como agonistas colinérgicos. Causan parálisis espasmolítica de los músculos de los nematodos, dando lugar a la expulsión de los parásitos (Rodríguez *et al*, 2011).

2.8.3 Lactonas macrocíclicas.

Las lactonas son moléculas obtenidas de la fermentación de *Streptomyces sp.* Se sabe que tiene efectos antiparasitarios y que sólo actúa contra nematodos y

ectoparásitarios, pero además se menciona que tienen otras propiedades farmacológicas (antimutágenos y analgésicos). Se les llama macrocíclicas por las características de su estructura química (un azúcar y una aglicona) que permite relacionarlas con los macrólidos, obtenidos también de *Streptomyces sp.* (Sumano y Ocampo, 2006).

Actúan como agonistas de gran afinidad sobre las subunidades de canales iónicos selectivos a cloro de los nematodos y artrópodos. Afectan la capacidad de alimentación y fecundidad del parásito, lo mismo que la habilidad para mantenerse en sus sitios de localización por parálisis flácida del parásito. Estos fármacos son llamados endectocidas por que actúan contra parásitos internos (nematodos) y externos (garrapatas, piojos, pulgas, etc.) (Rodríguez *et al*, 2011).

2.9 Necesidad del control de los parásitos gastrointestinales.

El ganado ovino es una fuente para la obtención de proteína animal, cuero y carne en beneficio de la sociedad humana; dentro de los problemas que afectan el desarrollo de sus poblaciones están las enfermedades parasitarias ocupando un lugar principal. Por lo anterior se hace necesario desarrollar herramientas agroecológicas amigables con el ambiente y capaces de controlar la enfermedad sin ocasionar problemas mayores a futuro (Perry *et al*, 2002; Sani *et al*, 2004).

Algunas desventajas graves de usar antihelmínticos, son problemas de residuos químicos en productos alimenticios de origen animal, toxicidad y el desarrollo de resistencia por parte de los parásitos helmintos frente a esos medicamentos donde esta última está extendida en la especie ovina y constituye un obstáculo serio para el efectivo control de las infecciones por helmintos en esta especie. Además, la persistente demanda del público por productos de origen animal orgánicos, libres de químicos, obligan a los productores e investigadores a desarrollar alternativas para el control de parásitos gastrointestinales (Duval, 1996).

El incremento mundial de resistencia de los NGI en pequeños rumiantes domésticos contra antihelmínticos convencionales lo que da como resultado pérdidas económicas muestra la necesidad urgente de métodos alternativos para reducir la carga de gusanos en los animales y el número de larvas infectivas. Adicionalmente, el crecimiento mundial de la agricultura orgánica, en la que el uso de productos sintéticos está fuertemente restringido, las alternativas para el control de helmintos se vuelve una necesidad (Zahoor, *et al*, 2012).

2.10 Estrategias de control.

El control efectivo de las enfermedades por NGI se sustenta sobre la base de los estudios epidemiológicos, basados en los ciclos biológicos de los parásitos, la ecología de los estadios infestivos, la distribución y las prácticas de manejo. Estas parasitosis tienen una dinámica estacional bien definida, favorecida por las estaciones con abundantes precipitaciones y temperaturas cálidas. Los factores zootécnicos tienen un papel de primer orden en el comportamiento de la incidencia parasitaria, entre los que se destacan: las características de las instalaciones, el tipo y la forma de alimentación, el sexo, el peso y la edad a la incorporación, así como el manejo de los pastizales (Soca *et al*, 2005).

Otra estrategia alternativa para el control de NGI la constituye el uso de las plantas, ya sea por la presencia en ellas de metabolitos secundarios a los que se le atribuyen propiedades antiparasitarias o por la acción propiamente dicha de sus principios activos, los que pueden constituir una alternativa de control desde el punto de vista orgánico, sustituyendo el uso de químicos sintéticos (Barrabí y Arece, 2013).

2.11 Métodos biológicos para el control de los parásitos.

Las plantas han evolucionado para contrarrestar el ataque de los insectos y han desarrollado mecanismos de protección, como la repelencia y la acción insecticida, en base a conocimientos y experiencias por personas que utilizaban estas plantas se comenzaron a utilizar polvos y extractos vegetales a partir de estas situaciones, de lo cual hay antecedentes incluso en la biblia. El uso masivo de estas plantas con propiedades insecticidas ha tenido un camino muy difícil pues en una primera época las recopilaciones que hacían los investigadores, entre los agricultores e indígenas, tenían mucho de superstición y cuando se les sometió a pruebas científicas no mostraron efecto alguno. Posteriormente las pocas plantas que mostraron resultados favorables, y alcanzaron a usarse masivamente, fueron reemplazadas por los insecticidas sintéticos. Con la aparición de estos insecticidas sintéticos se pensó que los insecticidas vegetales desaparecerían para siempre pero al presentar problemas como la contaminación del ambiente, los residuos en los alimentos y la resistencia por parte de los insectos han hecho que hoy en día vuelvan a ser tomados en cuenta. Sin lugar a dudas los fitofármacos constituyen una muy interesante alternativa de control. De hecho existen plantas como el Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), que han mostrado tener excelentes resultados encontrándose ya en el mercado formulaciones comerciales. No se debe pensar que los fitofármacos van a reemplazar a los insecticidas sintéticos sino que estos constituyen una alternativa dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas que debe ser complementada con todas las otras medidas de control que existen (Silva, 2002).

El árbol de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) produce un compuesto antiparasitario natural y biodegradable llamado azadiractina, el poder desparasitante de la azadiractina se ha confirmado en 500 especies de insectos plaga y su baja toxicidad en campo para vertebrados e insectos benéficos (parasitoides, abejas y depredadores) ha sido remarcada (Villamil *et al*, 2012).

2.12 Antecedentes de uso de desparasitantes de origen botánico.

Las plantas con propiedades insecticidas como método en el control de plagas, han pasado por tres etapas que separan a los diferentes grupos de productos por su naturaleza activa. En los productos de primera generación se encuentran todos aquellos tóxicos de origen mineral, botánico y los organosintéticos; productos de segunda generación, en donde se aprecian a los insecticidas de origen microbial; y finalmente los productos de tercera generación que son considerados en la actualidad como alternativas promisoras, en donde destacan las feromonas y los reguladores de crecimiento, entre estos últimos los de origen vegetal, clasificados como aleloquímicos con efecto antialimentario, destaca el producto natural azadirachtina que se obtiene a partir de hojas, semillas, corteza y la raíz del árbol de Neem, a tal grado que varios insecticidas con este activo ha sido ya registrado para su uso comercial (Vázquez, 1992; Schmitterer, 1990).

El conocimiento indígena de una comunidad constituye la base para la identificación de las plantas medicinales y sus usos en etnomedicina. Algunas plantas han sido encontradas eficaces contra los nematodos, utilizando su polvo bruto, extractos metanólicos y acuosos (Iqbal *et al*, 2012).

2.13 Historia.

Azadirachta indica, comúnmente conocido como Neem, margosa y árbol del paraíso de la India, es un árbol de tamaño mediano a grande se caracteriza por ser corto, recto y su corteza de color marrón oscuro a gris, densa corona redondeada de hojas pinnadas. Originaria al sur de Asia, el Neem es ampliamente plantado y naturalizado en áreas semi-áridas a lo largo de Asia y África. Se ha estado introduciendo a varias islas del Caribe donde se cultiva principalmente para

sombra, leña, y numerosos productos no madereros obtenidos de las hojas, frutos y corteza (Parrotta y Chanturvedi, 1994).

Azadirachta indica también conocida como "Árbol divino" y "Farmacia del pueblo". El Neem presenta propiedades medicinales que incluyen antiinflamatorio, antiviral, antipirético, inmunoestimulante, analgésico, diurético, propiedades antimicrobianas, antimaláricos y antihelmínticos. Las hojas, frutos, cortezas, flores y las semillas de *A. indica* se han utilizado para el propósito medicinal durante siglos en casi todas las partes del mundo, especialmente en el subcontinente indio (Iqbal *et al*, 2012).

El árbol de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) ha sido utilizado en la medicina ayurvédica desde hace más de 4.000 años debido a sus propiedades medicinales. El Neem se le conoce como 'Arista' en sánscrito una palabra que significa "perfecta, completa e imperecedero" (Girish y Bhat, 2008).

2.14 Taxonomía del Neem.

Cuadro 2. Taxonomía del árbol de Neem.

Orden	Rutales
Suborden	Rutinae
Familia	Meliaceae
Subfamilia	Melioideae
Tribu	Melieae
Género	Azadirachta
Especies	índica

(Pankaj *et al*, 2011).

2.15 Descripción botánica.

Azadirachta indica es un árbol pequeño a mediano, generalmente de hoja perenne, de hasta 15 m de altura, con una ronda, gran corona hasta 10 (20 máx.) m. de diámetro (30 máx.); con ramas extendidas, a veces estriado en la base; moderadamente grueso, con pequeños tubérculos dispersos, profundamente fisuradas y en arboles viejos existe descamación, de color gris oscuro afuera y rojizos por dentro, la savia es pegajosa y fétida. Hojas alternas, cerca del final de las ramas, simplemente pinadas, 20- 40 cm de largo de color verde claro, con 2 pares de glándulas en la base, pecíolo 2-7 cm de largo. Tirso con muchas flores, de hasta 30 cm de largo; brácteas y caduca; las flores son bisexuales o masculinas, actinomorfas, pequeñas, pentámera, blanco o amarillo pálido ligeramente dulce perfumado; cáliz lóbulos imbricados, ampliamente ovoides y delgadas, pétalos libres, imbricados, espatuladas, difusión, ciliolada interior. Las frutas; una drupa preclasificada, elipsoidales, de 1-2 cm de largo, de color verdoso, verde-amarillo o morado al madurar; exocarpio delgado, mesocarpio pulposo, endocarpio cartilaginoso; Semilla ovoide o esférica; ápice agudo; testa delgada, compuesto por una concha y un núcleo (a veces 2 o 3 núcleos), cada uno de aproximadamente la mitad del peso de la semilla (Orwa *et al*, 2009).

2.16 Requerimientos edáficos y climáticos.

El árbol se dice que crece “casi en cualquier lugar” en las zonas tropicales de tierras bajas, Sin embargo, por lo general funciona mejor en zonas con precipitaciones anuales de 400-1.200 mm. Prospera en las condiciones más calientes, donde la temperatura máxima a la sombra puede elevarse más allá de 50°C, pero no soporta la congelación o extendida frío. La raíz principal (al menos en los ejemplares jóvenes) puede ser tanto como el doble de la altura del árbol.

Neem es conocido por un buen crecimiento en, sitios estériles secos. Crece mejor que la mayoría de los árboles donde los suelos son estériles, pedregoso, y poco profunda, o donde hay una capa dura cerca de la superficie. El árbol también crece bien en algunos suelos ácidos, de hecho, se dice que las hojas caídas del Neem, que son ligeramente alcalina (pH 8,2), son buenos para neutralizar la acidez en el del suelo. Por otro lado, el Neem no puede soportar suelos con mal drenaje, y rápidamente muere si el sitio se satura de agua. El Neem crece rápidamente. Se puede cortar la madera después de sólo 5-7 años (NRC, 1992).

En México, se menciona que el Neem se ha adaptado en sus etapas iniciales a 660 msnm, con una precipitación anual de 1600 a 2000 mm y una temperatura media anual de 18 a 22 °C, en suelos de franco-arcillosos a arcilloso con pedregosidad alta, y pH de 5.0 a 5.5 (Sánchez, 2011).

2.17 Características de las semillas del Neem.

Las semillas de Neem no requieren escarificación, aunque el despulpado y la limpieza antes de la siembra en gran medida mejoran la germinación. La germinación es comúnmente entre 60 y el 85 por ciento de las semillas sembradas. Las semillas no conservan su viabilidad durante más de 2 meses y deben ser sembradas dentro de las 2 semanas de la colección. La rápida pérdida de viabilidad después de 2 semanas se acompaña de, o posiblemente debido a, la fermentación de los cotiledones, que causa un cambio en su color de verde a marrón. Los frutos se recogen en las ramas cuando están completamente maduras o desde el suelo dentro de 1 a 2 días después de la caída de la fruta. Las frutas continúan secándose sobre esteras bajo sombra luz y aire durante 4 a 5 días. Después del secado, pueden ser almacenados a temperatura ambiente en sacos de tela antes de la siembra (Parrotta y Chanturvedi, 1994).

Con el fin de establecer plantaciones de Neem en México, se obtuvo semilla procedente de República Dominicana, la cual presentó un 28% de germinación a los 12 días, los autores infieren que el bajo porcentaje de germinación se debió a un largo período de almacenamiento, superior a los dos meses; mientras que semillas recién cosechadas de árboles ya establecidos en la costa del Golfo de México, y de procedencia nicaragüense, se observó un 100% de germinación considerando que la semilla utilizada no fue almacenada (Sánchez, 2011).

2.18 Siembra y desarrollo de la planta.

La germinación comienza a partir de 4 a 10 días después de la siembra y es habitualmente completa dentro de 3 a 5 semanas. Las semillas pueden ser sembradas ya sea en contenedores de plántulas o en las camas abiertas en un espaciamiento de 2,5 cm en las líneas 15 cm de distancia. Las semillas deben ser ligeramente cubiertas con tierra y regada con moderación. Los suelos de vivero deben estar sueltos y libremente drenados. No es necesario pero puede ser útil bajo condiciones extremadamente calientes. Las plántulas que han crecido en camas abiertas deben ser distribuidas a un 15 por 15 cm separación cuando son aproximadamente 2 meses de edad. El crecimiento de las plántulas en el vivero es moderado y es en gran medida obstaculizado por la competencia. Las plántulas desarrollan unas raíces primarias moderadamente largas cilíndricas con un número moderado de raíces laterales distribuidas a lo largo de su longitud. En condiciones buenas, las plántulas suelen alcanzar un tamaño plantable (10 cm de altura) en 2 a 3 meses y alcanzar alturas de 0,6 a 1,5 m en 12 meses. En el norte de la India, donde la temporada de crecimiento es restringido a los 7 u 8 meses, las plántulas de vivero alcanzan alturas de 10 a 20 cm después de 1 año, de 50 a 100 cm después de 2 años, y 150 hasta 210 cm después de 3 años (Parrotta y Chanturvedi, 1994).

Las plantaciones se pueden establecer en el comienzo de la temporada de lluvia en siembra directa, mediante la plantación de contenedores de cosecha propia de plántulas, o mediante el uso de plantas de tocones. Las plántulas de vivero pueden plantarse cuando llegar 7 a 10 cm de altura y tienen una raíz principal que es generalmente de 15 cm de largo aproximadamente. Para las plantaciones a raíz desnuda se recomienda la poda. En los sitios muy secos, las semillas más grandes de al menos 45 cm de altura se prefieren a menudo (Parrotta y Chanturvedi, 1994).

2.19 Cosecha y rendimiento.

Un árbol de Neem normalmente comienza a dar fruta entre el 3° y 5° año y se convierte en plena producción en 10 años. Un árbol maduro produce entre 30 - 50 kg. De fruta cada año. Se estima que un árbol de Neem tiene una vida productiva de 150 - 200 años (Mathur, 2013).

Por lo normal se pueden encontrar entre 4,000 y 5,000 semillas por kg, aunque este dato es tan variable que va entre 900 y 6,300 semillas por kilogramo (Parrotta y Chanturvedi, 1994).

La producción por árbol es también muy variable, se describe un rendimiento de cerca de 50 kg; mencionan de 30 a 50 kg; reportan de 4 a 11.4 kg (árbol/año). De 2000 a 3000 frutos pesan 1 kg, mientras que el fruto despulpado llega a tener 1800 semillas aproximadamente en 1 kg. Señalan que el rendimiento en frutos a partir del quinto año en el campo es de un promedio de 25 kg/árbol, con fructificación de aproximadamente el 80% de árboles en una plantación de 7 por 7 ó 6 por 8 metros, lo que da un total de 4 t/ha (Sánchez, 2011).

2.20 Como actúan los desparasitantes de origen botánico.

Entre sus efectos se destacan la inhibición del apareamiento y comunicación sexual, impedimento de la ovoposición, eclosión de huevos, esterilidad en adultos, bloqueo de los pasos de mudas necesarias para entrar a la siguiente etapa del desarrollo, efecto anti-alimentario y el bloqueo de la síntesis de quitina en los parásitos (Villamil *et al*, 2012).

2.21 Inhibidores de alimentación.

El árbol de Neem produce un compuesto desparasitante natural y biodegradable llamado azadiractina. La azadiractina y los otros limonoides de las semillas de Neem inhiben la enzima que cataliza el último paso del proceso que convierte a la ecdisoma en la hormona activa ecdisoma (Villamil *et al*, 2012).

Dentro del grupo de sustancias contenidas en el Neem, algunas se indica que afectan la alimentación, el crecimiento, la metamorfosis, la fecundidad, la ovoposición de los parásitos, así como provoca esterilidad de los huevos de los parásitos (Schmuttere y Rembold, 1995).

El efecto anti-alimentario es el modo de acción más estudiado de los compuestos vegetales como antiparasitarios. Un inhibidor de la alimentación es aquel compuesto, que luego de una pequeña prueba, el parásito se deja de alimentar y muere por inanición. Muchos de los compuestos que muestran esta actividad pertenecen al grupo de los terpenos y se han aislado principalmente de plantas medicinales originarias de África y la India (Silva, 2002).

2.22 Ventajas y desventajas de los desparasitantes vegetales.

2.22.1 Ventajas.

- 1.- Son conocidos por el agricultor ya que generalmente se encuentran en su mismo medio.
- 2.- Muchas veces poseen otros usos como medicinales o repelentes de insectos caseros.
- 3.- Su rápida degradación puede ser favorable pues disminuye el riesgo de residuos en los alimentos.
- 4.- Algunos pueden ser usados poco tiempo antes de la cosecha.
- 5.- Varios actúan rápidamente inhibiendo la alimentación del parásito aunque a la larga no causen la muerte del parásito.
- 6.- Debido a su acción estomacal y rápida degradación pueden ser más selectivos con insectos plaga y menos agresivos con los enemigos naturales.
- 7.- Muchos de estos compuestos no causan fitotoxicidad.
- 8.- Desarrollan resistencia más lentamente que los insecticidas sintéticos.

2.22.2 Desventajas.

- 1.- No todos son insecticidas sino que muchos son insectostáticos lo que los hace tener una acción más lenta.
- 2.- Se degradan rápidamente por los rayos ultravioleta por lo que su efecto residual es bajo.
- 3.- No todos los antiparasitarios vegetales son menos tóxicos que los sintéticos.

- 4.- No se encuentran disponibles durante toda la temporada.
- 5.- Los límites máximos de residuos no están establecidos.
- 6.- No hay registros oficiales que regulen su uso.
- 7.- No todas las recomendaciones que manejan los agricultores han sido validadas científicamente (Silva, 2002).

2.23 Si es natural no es venenoso.

Un gran error es considerar a los antiparasitarios de origen vegetal como productos inocuos solo por ser naturales. Existe una gran cantidad de productos vegetales que son altamente tóxicos. En el libro de “Plantas que envenenan” se encuentran alrededor de 120 especies de plantas que contienen propiedades medicinales y en ellas se encuentran sustancias que son tóxicas para el ser humano, mencionándose incluso especies tan comunes como el almendro, frijol, ajo y manzano, entre otras. Se debe tener en cuenta y jamás olvidar que el potencial tóxico de una molécula se debe a la naturaleza de su estructura química y no a su origen (Silva, 2002).

2.24 Estructura química azadiractina.

El Neem contiene un gran número de ingredientes bioactivos y estructuralmente complejos como tetranortriterpenoides comúnmente conocidos como limonoides. Algunos de los compuestos potenciales incluyen una serie de azadirachtinoides, salannina, salannina desacetil, nimbin, desacetil nimbin, etc. La investigación en bioactividad relacionados con esta planta se ha centrado en azadiractina debido a su abundancia y el modo de acción único (Mathur, 2013).

La azadiractina es un limonoide característico de la familia Meliaceae pero especialmente del árbol Neem. Este compuesto no ha podido ser sintetizado por diferentes técnicas de laboratorio además de que cuando ha sido aislado y probado solo, los resultados han sido menores que cuando se aplican como extractos (Silva, 2002).

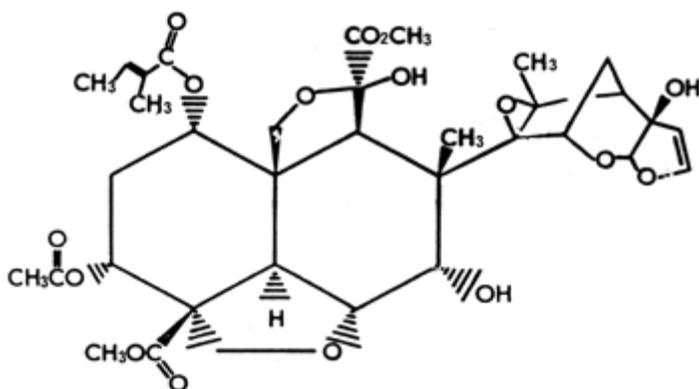


Figura 1. Estructura química de Azadiractina

2.25 Resistencia.

La mayoría de los antiparasitarios vegetales que son utilizados como extractos están constituidos por un grupo de ingredientes activos de naturaleza química diversa. Desde el punto de vista de la resistencia, la baja estabilidad de los antiparasitarios vegetales es un factor positivo pues será de muy baja probabilidad que dos extractos sean siempre iguales por lo que la presión de selección sobre la plaga no será siempre la misma. Esto se debe a que aunque en el extracto se encuentren los mismos elementos no siempre estarán a las mismas concentraciones. En general, la resistencia por parte de los insectos tarda más tiempo en desarrollarse a una mezcla de ingredientes activos naturales que a cualquiera de sus componentes por separado (Silva, 2002).

2.26 Usos del Neem.

El Neem es bien conocido por su madera resistente. Adicionalmente, los productos no madereros de Neem como flores, frutas, semillas, hojas, la corteza y las encías. También encontrará varios usos. El antifúngico, antibacteriano, insecticida y otros versátiles actividades biológicas de estos productos se han establecido bien, debido a que se encuentran uso polivalente en la vida diaria de los seres humanos (Girish y Bhat, 2008).

Los productos de Neem y sus usos:

El aceite de Neem es medicinal y es utilizado como analgésico, anticolinérgico, antihelmíntico, antihistamínico, antiprotozoario, antipirético, antiviral, bactericida, anticonceptivos, fungicidas, insecticidas, repelentes contra Insectos y se emplea en medicamentos veterinarios. Las hojas, semillas y tallos de Neem (torta de Neem): se utiliza en la alimentación animal, en la fertilización del suelo, neutralizador y protector del suelo. Las hojas son utilizadas como antidermática, antifúngica, agente anticoagulante, antihelmíntico, antituberculoso, antitumoral, antiséptico, antiviral, anticonceptivo, fertilizantes, insecticidas, nematocidas, repelentes de insectos. Las varas se utilizan comúnmente como desodorante oral. La corteza del árbol se utiliza como antialérgico, antidermático, antifúngico, antiprotozoario, antitumoral y desodorante. La madera es utilizada como artículos de construcción de muebles y herramientas. Las flores son utilizadas por poseer propiedades analgésicos y en la elaboración de jabones. Otros usos: se utiliza también las frutas como alimentos, la madera como combustible, pegamento, miel, biogás, resina, barreras rompe vientos, conservadores de madera (Girish y Bhat, 2008).

2.26.1 Medicinal.

El Neem ha sido utilizado en la medicina Ayurveda, Unani y Homeopática por muchos años. Trastornos como la inflamación, infecciones, fiebre, enfermedades de la piel, trastornos dentales y otros han sido tratados con diferentes partes del

árbol de Neem. La hoja de Neem exhibe una amplia gama de actividades farmacológicas como: anti-inflamatorio, antihiper glucémico, antiulceroso, antimalárico, antifúngico, antibacteriano, antiviral, antioxidante, anticancerígeno antimutagénico e inmunomodulador. En la Literatura ayurvédica, se describe la corteza de Neem como astringente, refrigerante y útil en cansancio, tos, fiebre, pérdida de apetito, y en infestaciones por parásitos. La corteza se emplea para sanar heridas y en casos de vómitos, problemas de piel, sed excesiva y la diabetes. Se ha notificado que las hojas de Neem son auxiliares en trastornos oculares y envenenamientos de insectos. Las hojas de margosa secas se queman para repeler a los mosquitos. La pasta de la hoja de Neem se ha utilizado para tratar la viruela, varicela y verrugas. El Neem se utiliza para tratar la fiebre malaria en sistema de medicina ayurvédica. Actualmente, se estudia el efecto de la administración de soluciones de Neem sobre el cáncer, diabetes, enfermedades del corazón y el SIDA. La inyección de la preparación de la hoja de Neem en tumores de ratones redujo su crecimiento, exhibiendo actividad anticancerígena (Girish y Bhat, 2008).

2.26.2 Uso Veterinario.

El Neem ha sido utilizado durante siglos por presentar propiedades para el cuidado de la salud. Los extractos de Neem tienen propiedades antiulcerosas y antibacterianas, como antivirales, con éxito para tratar los casos de úlceras, enfermedades cutáneas y helmintiasis intestinal. Las hojas de Neem se han utilizado principalmente como agentes antivirales contra viruela y la enfermedad del virus de Newcastle. En el ganado los insectos como gusanos, moscas de los cuernos, y moscas que pican son controlados tradicionalmente usando Neem. Las hojas, el aceite y las semillas de Neem se utilizan como alimento para animales. Las hojas de Neem contienen cantidad apreciable de proteínas, minerales, caroteno y la cantidad adecuada de minerales, excepto el zinc. También tienen cantidad apreciable de proteína cruda y nutrientes digestibles totales. Así el ganado, búfalos, cabras, ovejas, camellos son alimentadas con las hojas de Neem. El aceite de Neem, que es rico en ácidos grasos de cadena larga

se utiliza en la alimentación de aves de corral. Las semillas de Neem son ricas en aminoácidos esenciales, proteínas crudas, contenido de fibra, azufre y nitrógeno. En la industria avícola, la aflatoxicosis causada por *Aspergillus flavus* que origina contaminación en la alimentación de las aves se evita con el uso de las hojas Neem. El extracto de las hojas de Neem inhibe la producción de aflatoxina por *Aspergillus parasiticus* y la producción de patulina por *Penicillium expansum* (Girish y Bhat, 2008).

2.26.3 Uso forestal y de arborización.

La plantación a gran escala de árboles de Neem ayuda a combatir la desertificación, la deforestación, la erosión del suelo y reducir el excesivo calentamiento global. El Neem tiene una alta tasa de fotosíntesis y libera más oxígeno que otras muchas especies de árboles, purificando así la atmósfera. Los productos de Neem tienen actividad purificadora de agua. El polvo de la hoja de Neem podría ser utilizado como biosorbente para la eliminación de colorantes como rojo congo del agua. La temperatura bajo el Neem se ha encontrado que existe 10 centígrados menos de la temperatura ambiente, durante el verano en los meses más calientes en la parte norte de la India. En agroforestales, los Neem son beneficios al proporcionar sombra, leña, madera, cortinas rompevientos, cinturón de refugio. El Neem tiene la capacidad de volver a brotar después de ser cortado y puede volver a crecer después de la poda. Por lo tanto, es muy adecuado para producción de postes (Pankaj *et al*, 2011).

2.27 Perspectivas futuras.

La medicina herbaria es un área atractiva que puede ser utilizada en la terapia antiparasitaria. Aunque esta estrategia se basa en las culturas tradicionales o indígenas, varias agencias gubernamentales de atención a la salud humana están aceptando que los pacientes puedan ser tratados con el uso de plantas con datos

todavía empíricos. La mayoría de productos bioactivos etnoveterinarios y aceites esenciales de plantas se están probando ampliamente para establecer la eficacia de su actividad endo y ectoparasitocida, su mecanismo de acción y su objetivo en especies de parásitos. Se deben tomar precaución relacionada con el diseño experimental para evaluar los beneficios de sus efectos, en cuanto a la muestra tamaño y el nivel de toxicidad (Beltrao, 2009).

Sin embargo aunque los insecticidas vegetales constituyen opciones muy ventajosas desde el punto de vista ecológico, sería un error llegar a pensar que van a reemplazar completamente a los insecticidas sintéticos, lo ideal sería esperar una convivencia y uso complementario en un programa de Manejo Integrado de Plagas. Por otra parte la agricultura orgánica es un mercado muy demandante de insecticidas vegetales debido a la imposibilidad de utilizar agroquímicos convencionales. Este mercado actualmente se encuentra en expansión y por lo general tiene tasas altas de retorno, por lo tanto constituye un opción muy importante para atender. Por último se puede señalar que en el largo plazo sin lugar a dudas se estudiarán nuevas plantas, se perfeccionarán y descubrirán nuevas técnicas para el aislamiento e identificación de moléculas. Aumentarán y mejorarán los programas de extensión y educación sobre los insecticidas vegetales y se encontrarán nuevas fuentes de materia prima para su fabricación (Silva, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Localización geográfica.

El trabajo se realizó durante los meses de diciembre del 2014 a enero del 2015 en el predio “El Polvorín” el cual se encuentra en el poblado de Arroyo Limón en la localidad de Bethania ubicado a 25 km del municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. Localizado en las coordenadas 17° 53' 35.77" latitud norte y a 95°58'53.14" de latitud oeste del meridiano de Greenwich, a 40 msnm.

El clima es cálido húmedo Af (m)(e) con un régimen de las lluvias en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, la temperatura media anual es de 24.6°C y la precipitación pluvial media de 2307.7 mm. Se presentan nortes (frío y humedad) de noviembre a febrero con disminución de la temperatura y aumento de la precipitación pluvial; un periodo de seca o menor precipitación (Cálida y seca) de marzo a junio.

La superficie del predio es de 45 hectáreas divididas en 10 potreros donde el pasto que predomina es el insurgente (*Brachiaria brizantha*) y estrella Santo Domingo (*Cyanodon nlemfuensis*). El sistema de pastoreo es extensivo y los animales permanecen en el potrero acorde a la disponibilidad de forraje. Cada sección tiene un periodo de descanso que varía según la condición del pasto.

3.2 Animales experimentales.

Se emplearon 18 ovinos hembras vacías criollas con un peso promedio de 30 Kg y edad promedio de 36 meses. Los cuales no habían sido desparasitados en las últimas 24 semanas y manifestaron parasitosis de acuerdo a los estudios coproparasitológicos que se realizaron previamente.

3.3 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño completamente al azar para distribuir las unidades experimentales en tres grupos de 6 animales cada uno. El grupo X (n= 6) control permaneció como testigo (Sin tratamiento antihelmíntico), el grupo Y (n= 6): Neem, 3 aplicaciones por vía oral con intervalos de 48 horas y Z (n=6): control positivo, aplicación de Ricofino (Sulfóxido de Albendazol) por vía subcutánea a una dosis de 2,5 mg / kg de peso vivo.

3.4 Obtención y administración de las hojas de Neem (*Azadirachta indica A. Juss*).

Las hojas del Neem (*Azadirachta indica A. Juss*) fueron cosechadas manualmente de árboles ubicados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna la cual está ubicada en la ciudad de Torreón en el estado de Coahuila, fueron lavados con agua limpia y secados previamente al sol en tendales durante 24 horas.

Posteriormente las hojas se colocaron en una estufa a 50°C durante un periodo de 24 a 48 horas hasta que crujan y deshagan con el contacto de la mano. Las hojas una vez secadas fueron molidas obteniendo un polvo de color verde claro y un olor característico con partículas de $1 \leq 2$ mm. El proceso de extracción inicio en la tarde antes del día del tratamiento de los animales. Para desarrollar este método se hizo una maceración utilizando un recipiente herméticamente cerrado usando como solvente extractor agua estéril a una temperatura de 45°C. Se realizó la mezcla del polvo con el líquido extractor en una proporción de 1 gramo en 3 mililitros utilizando una licuadora. Esto se quedó en reposo durante las horas de la noche (14 horas) de tal modo que las sustancias puedan desprenderse bien para pasar al agua. El extracto tomo un color verde oscuro con un olor característico. Fue administrado por vía oral utilizando una jeringa a una dosis de 0,67 g /kg; (Dublín y otros 2012).

20 gramos de hojas secas de Neem disueltos en 60 ml de agua, se aplicaron por la mañana del día, antes de que los animales salieran al pastoreo.

3.5 Procesamiento de las muestras de heces fecales.

Se realizó un muestreo de heces fecales 3 días previo al tratamiento (muestra inicial) y 7, 14 y 21 días post tratamiento donde se colectaron de 5 a 10 gramos en horas de la mañana directamente del recto de cada animal por estímulo digital, antes de que los animales salieran al pastoreo. Las muestras colectadas fueron almacenadas en bolsas de polietileno, cada uno de ellos con la información de cada ovino, para su transporte al Laboratorio de Diagnóstico Clínico Génesis ubicado en la Ciudad de Tuxtepec Oaxaca, donde se procesaron el mismo día para estimar el número de huevos por gramo de heces fecales mediante la técnica de McMaster y la identificación de los géneros de parásitos gastrointestinales.

3.6 Análisis de resultados.

Se realizó una base de datos de la información obtenida en la carga parasitaria y en la identificación de los parásitos gastrointestinales. Se realizó el análisis de varianza de clasificación simple y por lo tanto se compararon las medias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el grupo X de animales que sirvieron de control negativo (testigo) se mostró una variación en cuanto a la carga parasitaria (**Cuadro 3**). Los animales presentaron un incremento muy alto del número de huevos por gramo en heces fecales durante todo el tiempo que estuvieron bajo las evaluaciones.

Cuadro 3. Resultados del Grupo X (testigo sin tratamiento).

Identificación	HPG inicial	HPG 7° día después	HPG 14° día después	HPG 21° día después
X1	200	600	1000	1000
X2	200	1000	1000	800
X3	300	400	800	1000
X4	200	1000	1100	1200
X5	200	600	1400	1000
X6	300	800	1100	1000
Promedio	233.3333	733.3333	1066.6666	1000
Coefficiente de variación	22.1313%	33.0289%	18.4348	12.6491%
Desviación estándar	51.6397	242.2120	196.6384	126.4911

Cuadro 4. Resultados del Grupo Y (extracto de Neem, con 3 aplicaciones a intervalos de 48 horas).

Identificación	HPG inicial	HPG 7° día después	HPG 14° día después	HPG 21° día después
Y1	800	0	0	0
Y2	600	0	0	0
Y3	600	0	0	0
Y4	400	0	0	0
Y5	500	0	0	0
Y6	300	0	0	0
Promedio	533.3333	0	0	0
Coefficiente de variación	32.8348%	--	--	--
Desviación estándar	175.1190	--	--	--

En el **Cuadro 4** se demuestra que el grupo Y durante el tiempo que los animales estuvieron bajo las evaluaciones post tratamiento presentaron un 100% en la reducción del número de huevos por gramo de materia fecal.

Como se observa en el **Cuadro 5** los animales tratados con Albendazol pertenecientes al Grupo Z, presentaron una disminución total del número de huevos por gramo en los animales tratados dando como resultados un número de huevos por gramo de materia fecal mayor de 0 a los 7, 14 y 21 días respectivamente, en este mismo se puede notar que a los 21 días post tratamiento los animales empezaban a recuperar la carga parasitaria destacando aún más el éxito de la aplicación del producto de Neem con intervalos de 48 horas.

Cuadro 5. Resultados del Grupo Z (Control positivo con Albendazol).

Identificación	HPG inicial	HPG 7° día después	HPG 14° día después	HPG 21° día después
Z1	300	0	0	0
Z2	300	0	0	0
Z3	600	100	100	300
Z4	300	0	0	200
Z5	200	0	0	0
Z6	300	0	0	100
Promedio	333.3333	16.6666	16.6666	100
Coefficiente de variación	40.9878%	244.9497%	244.9497%	126.4911%
Desviación estándar	136.6260	40.8248	40.8248	126.4911

Los resultados alcanzados muestran que el extracto de las hojas de Neem con 3 aplicaciones a intervalos de 48 hrs son efectivas contra los nematodos gastrointestinales. Por otro lado, comparando los efectos de las hojas de Neem con el Albendazol muestran que no existen diferencias sustanciales; estos resultados corroboran y recomiendan al extracto de las hojas de Neem como alternativa a los productos antihelmínticos químicos.

Los géneros de nematodos gastrointestinales que fueron encontrados en los estudios coproparasitológicos previos a las evaluaciones dieron como resultado la presencia de *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Haemonchus*, *Cooperia* y *Strongylus* este último no había sido reportado en investigaciones anteriores, que indica que a el extracto acuoso de las hojas de Neem puede ser utilizado para controlar diversos géneros de nematodos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- Conclusiones.

Existen estrategias alternativas disponibles para el control de nematodos gastrointestinales como lo es el extracto de las hojas de Neem, con las cuales se puede disminuir la dependencia a los antihelmínticos químicos, generar beneficios económicos y disminuir el impacto ambiental.

Se concluye que para lograr una eficacia deseable del extracto acuoso de las hojas del Neem es necesario administrarlo 3 veces cada 48 horas a una dosis de 0,67 g/Kg.

El extracto acuoso de las hojas del Neem es eficaz contra los géneros *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Haemonchus*, *Cooperia* y *Strongylus*.

5.2.- Recomendaciones.

Continuar el estudio en esta línea para profundizar aún más los resultados de esta investigación y ampliarlos en otras especies animales.

Es una necesidad urgente la transferencia de tecnología y se requiere una participación más amplia del médico veterinario en el diseño y el seguimiento de los programas de control de parásitos en las regiones rurales del país.

VI. LITERATURA CITADA.

Bautista G. C., (2009). "Helminthos parásitos de importancia veterinaria: regulación de la respuesta inmunitaria del portador y su uso potencial para el tratamiento de enfermedades inflamatorias." Vet. Méx. **40 (3)**: 283-291.

Baker, R. L. (1999). "Genetics of resistance to endoparasites and ectoparasites." Int. J. Parasitol. **29 (2)**: 73-75.

Barger, I. A. (1996). "Prospects for Intergration of Novel Parasite Control Options into Grazing Systems." Int. J. Parasitol. **26 (8)**: 1001-1007.

Barrabí, M. P. y G. J. Arece (2013). "Actividad antihelmíntica *in vitro* de extracto acuoso de hojas y semilla de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss). I. Inhibición de la eclosión de huevos y del desarrollo larvario." Rev. Salud. Anim. **35(2)**: 103-108.

Barrios, M. M. (2013). "Aspectos de actualidad sobre inmunidad contra algunos nematodos gastrointestinales en vacunos." Red. Elec. Vet. **14(2)**: 1-8.

Beltrao, M. M. (2009). "Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices." Vet. Parasitol. **163(2)**: 229-234.

Canul, H. L., et al. (2012). "Prevalence of cattle herds with ivermectin resistant nematodes in the hot sub-humid tropics of Mexico." Vet. Parasitol. **183(2)**: 292-298.

Cervantes, R. M., et al. (1997). "Evaluacion del periodo de reinfestacion por nematodos gastroentericos en ovinos tratados con closantel, ivermectina o moxidectina." Memoria IX Congreso Nacional de Produccion Ovina. AMTEO.: 150-155.

Dublín, D., et al. (2012). "Eficacia del extracto de las hojas de Neem (*Azadirachta indica* A Juss) en el control de nematodos gastrointestinales en ovino Pelibuey." Red. Elec. Vet. **13 (7)**: 5- 10.

Duval J., 1996. The control of internal parasites in ruminants. [En línea]. Ecological Agric. Projects, McGill University. Disponible en: <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab370-04e.htm> [Consulta: 2014-09-10].

Girish, K. and S. Bthat (2008). "Neem. A green treasure." Elec. J. Biol. **4 (3)**: 102-111.

Guerra, L. Y., et al. (2004). "Principales causas que propician la aparición de resistencia antihelmíntica en unidades de explotación bovina." Red. Elec. Vet. **6 (4)**: 1-6.

Iqbal, Z., et al. (2012). "Evaluation of anthelmintic activity of different fractions of *Azadirachta indica* A. Juss seed extract." Pak. Vet. J. **32 (4)**: 579-583.

Khalid, S., et al. (2005). "Effects of Indigenous Medicinal Plants (Neem and Pineapple) Against Gastro-intestinal Nematodiasis in Sheep." Int. J. Pharmacol. **1 (2)**: 185-189.

Mathur, S. (2013). "Biopesticidal activity of *Azadirachta indica* A. Juss. ." Res. J. Pharm y Biol. Chem. Sci. **4 (2)**: 1131-1136.

Medina, P., et al. (2014). "Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nematodos gastrointestinales." Past. For. **37 (3)**: 257-263.

Nari, A. and J. Hansen (1999). "Resistance of Ecto and Endoparasites: Current

and Future Solutions, 67th General Session." international Committee Office International des Epizooties, OIE.: 17-21.

NRC. (1992). "Neem: A Tree for Solving Global Problems": 70-72.

Orwa C, et al. 2009. [En línea]. Agroforestry Database:a tree reference and selection guide version 4.0. Disponible en <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp> [Consulta: 2015-04-12].

Pankaj, S., et al. (2011). "Review on Neem (Azadirachta indica): Thousand problems one solution. ." Int. Res. J. Pharm. **2 (12)**: 13-22.

Parrotta, A. J. y A. N. Chanturvedi (1994). "Azadirachta indica A. Juss. Neem, Margosa." Int. Inst. Trop. Forest. **70**: 1-7.

Perry B., et al, 2002. [En línea]. Investing in animal health research to alleviate poverty. International Livestock Research Unit (ILRI), 24.- Nairobi, Kenya. Disponible en <http://ilri.org/infoserv/Webpub/fulldocs/investinginAnimal/Book1/media/> [Consulta: 2014-10-02].

Quiroz, R., H. (2002). "Parasitología y Enfermedades Parasitarias de Animales Domésticos. Editorial Limusa. México."

Quiroz, R., H., et al. (2011). [En línea] Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos. Disponible en: <http://enfermagemveterinaria.esa.ipcb.pt/docs/epidemiologia.pdf> [Consulta: 2015-04-15]. México.

Rodríguez, V. R., et al. (2001). "Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en Yucatán, México." Rev. Bio. Med. **12 (1)**: 19-25.

Rodríguez, V. R., et al. (2011). "Control de parásitos internos y externos que afectan al ganado bovino en Yucatán, México." UADY-CONACYT: 2-17.

Saní, R., et al. (2004). "Worm control for small ruminants in Malaysia. In Worm control for small ruminants in Tropical Asia. ." Australian Centre for International Agricultural Research monograph 113.

Sanchez, A. H. (2011). "Caracterización de sitio para plantaciones con nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en Ciudad Ixtepec, Oaxaca." Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Schmutterer H., 1990. [En línea] Properties and potential of natural pesticides from the Neem tree *Azadirachta indica*. Ann Rev. Entomol. Disponible en:<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.35.010190.001415> [Consulta: 2015-04-12].

Schmutterer H. y Rembold H. 1995. [En línea]. The Neem tree *Azadirachta indica* A. Juss and other Meliaceaus plants. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527603980.fmatter/pdf> [Consulta: 2014-11-18].

Silva, M. R. (2002). "[En línea] Insecticidas Vegetales. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción, Chile." Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/GsilvaSp.htm> [Consulta: 2015-04-20].

Soca, M., et al. (2005). "Epizootiología de los nematodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes. ." Past. For. 28 (3): 175-185.

Solano, S. O. (2003). "Diagnóstico de nematodos gastrointestinales resistentes a antihelmínticos en un rebaño ovino en el trópico húmedo de México." Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

Sumano, L. S. and C. L. Ocampo (2006). "Farmacología Veterinaria. 3 ed. McGraw-hill interamericana, México." 454-461.

Vazquez, G. M. (1992). "Biorreguladores de origen vegetal: Una alternativa para el control de plagas agrícolas." Memorias del II Simposio y I Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico. Colegio de Postgraduados e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México: 137-143.

Villamil, M., et al. (2012). "Efecto insecticida del extracto de semillas de Neem (Azadirachta indica A. Juss) sobre Collaria scenica Stal (Hemiptera: Miridae). ." Entomo. Brasiliis. **5 (2)**: 125-129.

WHO. (1993). "Summary of WHO guidelines for assessment of herbal medicines. Herbal gram." **28**: 13-24.

Zahoor, H. M., et al. (2012). "In vivo and in vitro antihelmintic activity of gemmotherapeutically treated Azadirachta indica (Neem) against gastrointestinal nematodes of sheep and earthworms." Afr. J. Pharm. Pharmacol. **6 (46)**: 3171-3179.