



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



**“Establecimiento y evaluación de un programa de
desparasitación selectiva en rebaños de ovinos
del trópico de Tabasco”**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

Por:

M.V.Z. PABLO MEDINA PÉREZ

Director:

M.P.A. MARÍA ERÉNDIRA REYES GARCÍA

Co-Director:

DRA. NADIA FLORENCIA OJEDA ROBERTOS

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Noviembre, 2014**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



**“Establecimiento y evaluación de un programa de
desparasitación selectiva en rebaños de ovinos
del trópico de Tabasco”**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

Por:

M.V.Z. PABLO MEDINA PÉREZ

Director:

M.P.A. MARÍA ERÉNDIRA REYES GARCÍA

Co-Director:

DRA. NADIA FLORENCIA OJEDA ROBERTOS

Asesores:

DR. JUAN FELIPE DE JESÚS TORRES ACOSTA

M.P.A. HÉCTOR SÁNCHEZ PINEDA

M.P.A. MARISELA PERALTA LAILSON

M.C. ADIMELDA MÉNDEZ GÓMEZ

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Noviembre, 2014**

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el financiamiento otorgado para realizar los estudios de maestría.

A la **Universidad Autónoma de Chiapas**, por darme la oportunidad de realizar los estudios de posgrado.

A mi director de tesis **M.P.A. María Eréndira Reyes García** y mis asesores **M.P.A. Héctor Sánchez Pineda, M.P.A. Marisela Peralta Lailson y M.C. Adimelda Méndez Gómez**, por la confianza brindada, el apoyo y las continuas enseñanzas.

A mi codirector de tesis **Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos**, por permitirme formar parte de su proyecto de investigación, además de brindarme su amistad, apoyo y asesoría.

Al **Dr. Juan Felipe de Jesús Torres Acosta**, por su disponibilidad de tiempo para ofrecermé sus enseñanzas, asesorías y apoyo incondicional.

Al **Ing. Walter Lanz Villegas, Ing. Rogelio López Magaña, Dr. José Manuel Piña Gutiérrez y Arq. Juan Carlos Domínguez García**, por permitirme trabajar en sus rebaños de ovinos, por la amabilidad y confianza que en mí depositaron.

A la **Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**, por el apoyo brindado para continuar con mis estudios de posgrado.

A **Miroshlava Aguirre Serrano, Karen Coronel Benedett, Alam Arroyo Santiago, Alejandra Lamoyi Narváez, Emilio Sánchez Olán, Walter Arévalo Ramírez, Teresa Ruíz Cárdenas, Rochel Bernabé Peña y Manuela Cruz Vázquez**, por la amistad y su incansable e importante apoyo en el trabajo de campo.

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico el presente a mi familia:

A mi mamá, Guadalupe Del Carmen Pérez De La Cruz, por haberme inculcado el ejemplo de fortaleza, lucha y superación, gracias por brindarme tu amor, confianza y apoyo.

A mi papá, Pablo Medina Gómez, por la comprensión, paciencia y apoyo.

A mi esposa Gloria Ocegueda Sala, por ser parte de mi vida y acompañarme en mis noches de desvelo, por tu comprensión, apoyo y cariño.

A mi hermano Mario Medina Pérez, por tu apoyo y amistad.

A todas las personas que han depositado confianza en mí y han sido parte importante de mi vida y formación profesional.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



Esta tesis titulada: **ESTABLECIMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE DESPARASITACIÓN SELECTIVA EN REBAÑOS DE OVINOS DEL TRÓPICO DE TABASCO**, forma parte del proyecto de investigación **Programa de desparasitación selectiva dirigida para el control de nematodos gastrointestinales en rebaños de ovinos de Tabasco**, registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la División Académica de Ciencias Agropecuarias-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, financiado por el **Programa de Mejoramiento del Profesorado, Secretaría de Educación Pública (PROMEP-SEP, México, Proyecto: UJAT-PTC-139)**, bajo la dirección de la **MPA. María Eréndira Reyes García** y la codirección de la **Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos**.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: **Sistemas de Producción Ovina**, del Cuerpo Académico **Sistemas de Producción de Pequeños Rumiantes de Chiapas**.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: **Sistemas Pecuarios Tropicales** del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



Esta tesis titulada: **ESTABLECIMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE DESPARASITACIÓN SELECTIVA EN REBAÑOS DE OVINOS DEL TRÓPICO DE TABASCO**, fue realizada por el **MVZ. PABLO MEDINA PÉREZ**, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

DIRECTOR


**MPA. MARIA ERÉNDIRA REYES
GARCÍA**
FMVZ, Universidad Autónoma de Chiapas

CODIRECTOR


**DRA. NADIA FLORENCIA OJEDA
ROBERTOS**
DACA, Universidad Juárez Autónoma de
Tabasco

COMITÉ TUTORIAL

ASESORES:

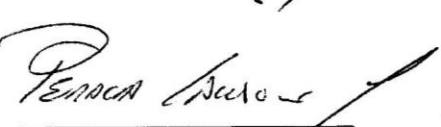
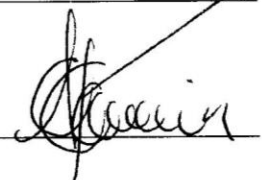
DR. JUAN FELIPE DE JESÚS TORRES ACOSTA
CCBA, FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán

MPA. HÉCTOR SÁNCHEZ PINEDA
FMVZ, Universidad Autónoma de Chiapas

MPA. MARISELA PERALTA LAILSON
FMVZ, Universidad Autónoma de Chiapas

MC. ADIMELDA MÉNDEZ GÓMEZ
CETNO, Universidad Autónoma de Chiapas





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



Esta tesis titulada: **ESTABLECIMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE DESPARASITACIÓN SELECTIVA EN REBAÑOS DE OVINOS DEL TRÓPICO DE TABASCO**, fue realizada por el **MVZ. PABLO MEDINA PÉREZ**, ha sido **APROBADA** por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

COMISIÓN REVISORA

MPA. MARÍA ERÉNDIRA REYES GARCÍA
(Presidente)

DRA. NADIA FLORENCIA OJEDA ROBERTOS
(Secretario)

DR. JUAN FELIPE DE JESÚS TORRES ACOSTA
(Vocal)

MPA. HÉCTOR SÁNCHEZ PINEDA
(1er Suplente)

MPA. MARISELA PERALTA LAILSON
(2do Suplente)

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Las enfermedades parasitarias en los ovinos.....	4
2.2 Etiología de las nematodiasis de los ovinos	4
2.3 Ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales.....	4
2.4 Efecto de las nematodiasis sobre la salud y productividad de los ovinos.....	6
2.5 Control convencional de los NGI	7
2.6 Resistencia antihelmíntica	8
2.7 Alternativas de control de NGI en ovinos.....	11
2.7.1 Manejo del pastoreo	11
2.7.2 Inmunización y vacunas	12
2.7.3 Control biológico	14
2.7.4 Uso de plantas con actividad antihelmíntica.....	16
2.7.5 Agujas de cobre.....	17
2.7.6 Suplementación alimenticia	18
2.7.7 Selección de animales con resistencia genética a los NGI.....	19
2.7.8 Desparasitación selectiva	20
A) Frecuencia y distribución del parasitismo en los rebaños de ovinos	20
B) El desarrollo del fenómeno de RA y el concepto de refugio	21
2.7.8.1 Estrategias de desparasitación selectiva utilizadas en los ovinos.....	22

2.7.8.2 Estrategias de desparasitación de acuerdo al grado de parasitismo.....	22
2.7.8.3 Estrategias de desparasitación de animales anémicos detectados con el sistema FAMACHA©.....	23
2.7.8.4 Estrategias de desparasitación de animales con baja CC	24
2.7.8.5 Estrategias de desparasitación de animales con disminución en la ganancia de peso.....	24
2.7.8.6 Estrategias de desparasitación de acuerdo a la presencia y grado de diarrea.....	25
2.7.8.7 Estrategias de desparasitación de animales que presentan disminución en la producción.....	26
2.7.8.8 Estrategias de desparasitación de animales en riesgo	26
2.7.8.9 Desparasitación selectiva utilizando estrategias en conjunto.....	27
2.7.8.10 Estrategia de desparasitación selectiva dirigida utilizando el sistema FAMACHA©, CC y HPG.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1 Localización del área de estudio.....	29
3.2 Población objetivo.....	29
3.3 Metodología.....	30
3.3.1 Primera etapa	30
3.3.1.1 Determinación de la frecuencia y dispersión del HPG, el grado de anemia y CC previo a la DSD	30
3.3.1.2 Determinación de valores de los indicadores FAMACHA© y CC.....	31
3.3.2 Segunda etapa	31
3.3.2.1 Establecimiento del programa de DSD.....	31
3.3.2.2 Procesamiento de muestras.....	32
3.3.2.3 Desparasitación selectiva.....	32
3.4 Análisis estadístico	33

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Primera etapa	35
4.1.1 Distribución y dispersión del HPG previo al establecimiento del programa de DSD.	35
4.2 Segunda etapa	37
4.2.1 Variaciones de los valores FAMACHA© y CC en las ovejas estudiadas....	37
4.2.2 Uso de los indicadores FAMACHA©, CC y la combinación de ambos para la detección de animales con HPG ≥ 750	39
4.2.3 Evaluación de la estrategia de DSD.	42
4.2.4 Variaciones del grado de eliminación de HPG en las ovejas estudiadas. ..	45
4.2.5 Factores de riesgo y diferencias en el número y frecuencia de las desparasitaciones.	47
4.2.6 Géneros de nematodos gastrointestinales identificados.....	54
4.2.7 Evaluación de la efectividad de las combinaciones de AH y géneros de NGI de las ovejas estudiadas.....	55
4.2.8 Distribución y dispersión del número de HPG seis meses después de establecer la DSD.	56
4.2.9 Comparación de la frecuencia, distribución y dispersión de los valores de HPG previamente y después del establecimiento de la DSD.....	57
5. CONCLUSIONES	59
6. LITERATURA CITADA.....	60
7. ANEXOS	77
7.1 Anexo 1.-Características zootécnicas y de manejo parasitario de cada rebaño evaluado.....	77
7.2Anexo 2.- Evaluación del grado de la condición corporal en ovinos (Russel, 1991).	78
7.3Anexo 3.- Determinación del grado de anemia a través del sistema FAMACHA© (Van Wyk y Bath, 2002).....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Reportes de resistencia antihelmíntica en el Sureste de México, lugar, antihelmínticos y géneros de NGI involucrados.	10
2. Criterios de decisión para la toma de muestras de heces y las actividades realizadas de acuerdo a cada criterio (Torres-Acosta <i>et al.</i> , 2014).	31
3. Porcentaje de ovejas con excreción de huevos de NGI, distribución y dispersión de la eliminación de HPG antes de implementar la DSD.	35
4. Distribución y promedios de los valores de FAMACHA© y CC, así como el coeficiente de correlación con el HPG.	40
5. Evaluación de la eficacia de FAMACHA©, CC y el criterio de selección de la estrategia de DSD (FAMACHA©+CC) para identificar animales con HPG ≥ 750	41
6. Total de eventos registrados por rancho, número y porcentaje de los valores de FAMACHA©, CC, eventos muestreados y eventos tratados.	43
7. Número de individuos estudiados de cada rancho y distribución del porcentaje de animales por tratamientos requeridos.	43
8. Medidas de asociación, de impacto y factores involucrados en el aumento en el número de animales desparasitados.	47
9. Promedios de los valores de HPG, condición corporal y FAMACHA© de acuerdo a la raza y el estado fisiológico.	53

10. Porcentaje de la presencia de los géneros de NGI identificados por periodo y por rancho evaluado.....	54
11. Porcentaje de reducción en el HPG e intervalo de confianza al 95% pos tratamiento con las combinaciones de antihelmínticos.	55
12. Porcentaje de ovejas con excreción de huevos de NGI, descripción estadística de la distribución y dispersión de la eliminación de HPG seis meses después de implementar DSD.....	57
13. Comparación de la frecuencia, distribución y dispersión de los valores de HPG previamente y después del establecimiento de la estrategia de DSD.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales de los ovinos.	6
2. Dinámica de la excreción de HPG en las ovejas estudiadas previo a la DSD.	36
3. Distribución de los valores FAMACHA© y CC en las ovejas en DSD.	38
4. Frecuencias y variación de los valores de HPG en las ovejas en DSD.	46
5. Número de animales muestreados, tratados y total de animales por mes en cada rebaño evaluado.....	50
6. Dinámica del HPG de los animales muestreados por mes y por rancho.	51
7. Comportamiento de la precipitación y temperatura registradas durante el periodo de estudio.....	52
8. Dinámica de la excreción de HPG en las ovejas estudiadas seis meses después de implementar DSD	57

RESUMEN

El fenómeno de resistencia antihelmíntica ocasiona la progresiva pérdida de control de los nematodos gastrointestinales (NGI) de los ovinos. A nivel mundial existen múltiples reportes sobre la presencia y expansión de este fenómeno. Particularmente en el estado de Tabasco, México, se ha reportado la presencia de NGI con multi resistencia antihelmíntica, en la cual se ha perdido la posibilidad de utilizar drogas comerciales para el control de estas parasitosis y se hace necesaria la implementación de nuevas estrategias de control. La desparasitación selectiva ha sido propuesta como estrategia de control alternativo de NGI y tiene como objetivo dirigir los tratamientos antihelmínticos (AH) a los animales que realmente lo requieren, permitiendo la existencia de una población de NGI en refugio sin contacto con los AH y evitando con esto la presión de selección y la aparición o expansión de la RA.

En condiciones tropicales, la utilización en conjunto de la escala de la condición corporal (CC), la coloración de la mucosa palpebral determinado por el sistema FAMACHA© y el número de huevos de NGI por gramo de heces (HPG) como criterio de desparasitación selectiva ha demostrado disminuir el número y frecuencia de las desparasitaciones y permite la posibilidad de implementarla en otras regiones como Tabasco. El objetivo fue establecer y evaluar una estrategia de desparasitación selectiva dirigida (DSD) en rebaños de ovinos del trópico de Tabasco, México, durante la temporada de lluvias. La estrategia utilizó los indicadores fisiológicos FAMACHA© y CC para decidir a qué animales tomar una muestra de heces y posteriormente desparasitar a los animales con HPG mayor a 750.

De un total de 981 ovejas, el 65.5% no requirieron desparasitación, una proporción de animales (17.8%) requirieron ser tratados en una sola ocasión, un 8% en dos ocasiones, un 4.5% en tres ocasiones y el 3.9% requirieron ser tratados 4 o más ocasiones. Los animales anémicos presentaron 8.5 veces más probabilidades de recibir un tratamiento AH comparado con los animales no anémicos (IC 95%=6.75-10.7) y los animales con baja CC presentaron 161.9 más probabilidades de ser tratados comparado con animales con CC superior a 3 (IC 95%= 60.4-433.0). Se concluye que es viable el establecimiento de la DSD en rebaños de ovinos bajo las condiciones cálidas y húmedas de Tabasco, México. Su implementación permitió reducir en un 65.5% el número de ovejas desparasitadas. No hubo indicios de efecto negativo de la infección NGI durante el estudio.

Palabras clave: FAMACHA©, condición corporal, excreción de huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces, ovinos, Tabasco.

ABSTRACT

The anthelmintic resistance phenomenon causes progressive loss of control of gastrointestinal nematodes (GIN) of sheep. Globally there are many reports on the presence and expansion of this phenomenon. Particularly in the Tabasco state, Mexico has reported to occur strains of nematodes with multi anthelmintic resistance, and lost the ability to use commercial drugs for the control of these parasites, so the implementation of alternative control strategies is necessary. The selective deworming has been proposed as an alternative control strategy of GIN, this aims to drive the anthelmintic treatments (AH) to animals that really require it, allowing the existence of a population of GIN in refuge without contact with AH and avoiding selection pressure, and initiation or expansion AH.

The combination of body condition score (BCS), color of palpebral mucosa determined by the FAMACHA© system and the number of eggs of GIN per gram of feces (EPG), as selective criteria of deworming demonstrated efficacy to decrease number and frequency of AH treatments under tropical condition, and allows the possibility of implementing it in other geographic regions such as Tabasco. The aim was to establish and evaluate a strategy of selective deworming in sheep flocks in tropical Tabasco, Mexico, during the rainy season. The strategy used pathophysiological indicators: FAMACHA© and body condition score to decide which animals take a stool sample and then only deworm animals with more than 750 EPG.

From 981 ewes evaluated monthly with the selective deworming scheme, 65.50% did not require AH treatment. The proportion of ewes requiring a single AH treatment was 17.8%. Meanwhile, 8.3% required two, 4.5% three, and 3.9% four or more AH treatments. The anemic animals had 8.5 times more likely to receive AH treatment compared with non-anemic animals (95% CI=6.75-10.70) and animals with low BCS had 161.9 times more likely to be treated compared with animals with superior of three BCS (95% CI=60.4-433.0). In conclusion is feasible to establish the selective deworming in sheep flocks under hot and humid conditions of Tabasco, Mexico. Its implementation has reduced by 65.5% the number of sheep wormed. There was no evidence of negative effect of GIN infection during the study.

Key words: FAMACHA©, body condition, excretion of gastrointestinal nematodes eggs per gram of feces, sheep, Tabasco.

1. INTRODUCCIÓN

En México, la producción ovina representa una fuente de ingresos que beneficia la economía de campesinos y ganaderos que comercializan los productos derivados de esta actividad para satisfacer la demanda de la población. La ovinocultura en el país se lleva a cabo principalmente en sistemas de pastoreo (Cuéllar-Ordaz *et al.*, 2011; Torres-Acosta *et al.*, 2003). Esta característica permite que los ovinos mantengan una relación directa con el forraje, lo que trae como consecuencia la presencia de enfermedades parasitarias causadas principalmente por nematodos gastrointestinales (NGI). Las nematodiasis o verminosis gastroentérica, son la principal causa de pérdidas económicas en América Latina y otras regiones pecuarias del trópico y subtrópico de todo el mundo (Miller *et al.*, 2012). Las nematodiasis cursan de forma clínica o subclínica y suelen ocasionar elevadas pérdidas económicas por la reducción en el desarrollo y la ganancia de peso, disminución de la producción láctea, infertilidad o muertes, así como los gastos derivados por la intervención del médico veterinario, y los tratamientos utilizados para su control (López-Arellano y Mendoza de Gives, 2011).

Los fármacos antihelmínticos (AH) constituyen actualmente el principal método de control de los parásitos de rumiantes en el mundo. En el mercado existen muchos productos antiparasitarios con diferentes mecanismos de acción, siendo los bencimidazoles, los imidazotiazoles y las lactonas macrocíclicas los fármacos utilizados en los rumiantes en pastoreo (Coles *et al.*, 2006). Esta estrategia de control había sido efectiva y relativamente económica desde hace varios años. Sin embargo a nivel mundial ha sido notoria la disminución de la eficacia de los AH debido, a la elevada frecuencia de tratamientos, subdosificación, elección errónea del fármaco o una rápida reinfección, generando un fenómeno en el cual los NGI adquieren la capacidad de tolerar y resistir el efecto de los tratamientos que normalmente deberían causar la muerte o inhibición del desarrollo. Este fenómeno se ha denominado resistencia antihelmíntica (RA) (Benavides, 2001; Waller, 2006).

A nivel mundial se han propuesto diversas estrategias de control alternativo de parásitos de los ovinos, las cuales buscan disminuir la dependencia a los fármacos AH y evitar o retardar la aparición de la RA (Hoste y Torres-Acosta, 2011). Estrategias como la desparasitación selectiva, disminuyen la frecuencia de los tratamientos AH permitiendo la existencia de una población de NGI en el refugio, sin contacto con los AH, evitando con esto la presión de selección y la aparición o expansión de la RA (Molento *et al.*, 2011). El éxito de las estrategias de desparasitación selectiva depende de indicadores que permitan detectar de forma específica a los animales que se encuentran altamente parasitados y que en consecuencia requieren de un tratamiento AH. Los indicadores fisiológicos como la presencia de diarrea, la disminución en la producción, la pérdida de condición corporal (CC), la anemia detectada por el sistema FAMACHA© y la excreción de huevos por gramo de heces (HPG), han sido evaluados como criterio para la desparasitación selectiva (Torres-Acosta *et al.*, 2014; Gallidis *et al.*, 2009; Cringoli *et al.*, 2009). Utilizar estos indicadores ha sido efectivo en la disminución de los tratamientos, sin embargo la utilización en conjunto de estos, permite ser más específicos a la hora de dirigir una desparasitación (Bath y Van Wyk, 2009).

En condiciones tropicales, una metodología que utiliza en conjunto los indicadores CC, FAMACHA© y HPG como criterio de desparasitación ha demostrado ser eficiente en la detección de animales altamente parasitados y no parasitados, permitiendo la disminución de tratamientos AH (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Esta metodología podría ser implementada en el estado de Tabasco, en donde es necesario aplicar estrategias alternativas para el control de NGI de ovinos, debido a que las condiciones climáticas, han demostrado ser idóneas para la presentación de nematodiasis y su control se ha visto disminuido al detectar la presencia de cepas de NGI multirresistentes a los AH (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2013). Tomando en cuenta este problema se planteó el presente trabajo, en el cual se evaluó la viabilidad de establecer una estrategia de desparasitación selectiva y se determinó la eficacia de la misma al ser utilizada en rebaños de ovinos del trópico de Tabasco, en la temporada de lluvias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Establecer y evaluar una estrategia de desparasitación selectiva dirigida utilizando los indicadores FAMACHA®, condición corporal y el grado de excreción de huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces, en rebaños de ovinos del trópico de Tabasco durante la temporada de lluvias.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Determinar la dinámica de la excreción de huevos por gramo de heces de nematodos gastrointestinales en rebaños de ovinos de Tabasco antes de implementar el programa de desparasitación selectiva dirigida.
2. Determinar la relación de los indicadores FAMACHA® y condición corporal con los valores de excreción de huevos por gramo de heces y evaluar estos indicadores en la detección de animales con excreciones altas de HPG.
3. Evaluar la efectividad de la estrategia de desparasitación selectiva en la reducción del número de tratamientos antihelmínticos.
4. Identificar en las ovejas variaciones fenotípicas involucradas en la frecuencia de las desparasitaciones.
5. Identificar posibles factores de riesgo involucrados en la frecuencia de los tratamientos antihelmínticos.
6. Identificar los géneros de nematodos gastrointestinales de los ovinos en los rebaños evaluados.
7. Determinar la efectividad de combinaciones de fármacos AH sobre la reducción de la excreción de huevos por gramo de heces.
8. Determinar cambios en la dinámica de excreción de huevos por gramo de heces en los ovinos después de implementar la desparasitación selectiva dirigida.

1.2 Hipótesis

La implementación de una estrategia de desparasitación selectiva permitirá disminuir el uso de fármacos antiparasitarios sin que se comprometa la salud de los ovinos de rebaños del trópico de Tabasco, durante la temporada de lluvias.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Las enfermedades parasitarias en los ovinos

El parasitismo es una asociación natural, entre un hospedador y el parásito, en la cual el parásito depende metabólica y evolutivamente del hospedador, vive a sus expensas nutriéndose y reproduciéndose, ocasionando acciones patógenas o modificaciones del equilibrio homeostático del hospedador y de la respuesta adaptativa de su sistema inmunitario generando enfermedades (Cordero del Campillo *et al.*, 2002). Los parásitos internos de rumiantes domésticos están ampliamente distribuidos en áreas tropicales y templadas (López-Arellano y Mendoza de Gives, 2011) y pertenecen a dos grupos: helmintos y protozoarios. El mundo de los helmintos integra a su vez tres grandes grupos: céstodos, tremátodos y nematodos, a este último pertenecen géneros altamente patógenos debido a sus hábitos de hematofagia, histiofagia y los mecanismos de sobrevivencia que tienen para evadir la respuesta inmune de sus hospederos (Soulsby, 1987).

2.2 Etiología de las nematodiasis de los ovinos

Los nematodos gastrointestinales (NGI), parásitos de los rumiantes pertenecen al Reino Animalia, Phylum *Nematelmintos*, Clase *Nematoda*, de diversas familias y géneros, destacando las siguientes: *Trichostrongylidae* (*Haemonchus*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Marshallagia*, *Cooperia*), *Ancylostomatidae* (*Bunostomum*), *Chabertidae* (*Chabertia* y *Oesophagostomum*) y *Strongyloididae*. Generalmente las infecciones son mixtas, participando dos o más géneros y varias especies, lo que explica la denominación general de gastroenteritis parasitarias o nematodiasis (Soulsby, 1987, Cordero del Campillo *et al.*, 2002, López-Arellano y Mendoza de Gives, 2011).

2.3 Ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales

Los NGI tienen un ciclo de vida directo, que se desarrolla en dos fases, la libre o exógena y la parásita o endógena. La fase libre se lleva a cabo en el medio

ambiente. Al caer los huevos con las heces, se encuentran en una fase temprana de segmentación o mórula. El embrión se forma inmediatamente y dependiendo de factores ambientales como humedad alta (85 a 100 %), presencia de oxígeno y temperatura óptima de 20° a 35° C (Hansen y Perry, 1994; Santamaría-Colonia *et al.*, 1995), evoluciona a larva hasta llegar al estadio de larva infectante (L3), ésta larva constituye un elemento de particular importancia en la epidemiología de la nematodiasis, de su número y presencia depende el establecimiento de la parasitosis en el rebaño (Quiróz-Romero, 1989; Lapage, 1971). En la fase parásita o endógena, los animales se infectan al ingerir larvas del tercer estadio (L3), al llegar las larvas al tracto gastrointestinal pierden su vaina protectora y penetran a la mucosa gástrica, intestino delgado o grueso, en donde se desarrollan a larva cuatro (L4), la cual permanece en la mucosa hasta que sale al lumen donde se transforma en adulto joven (L5) hasta alcanzar la madurez sexual. Los machos y las hembras copulan, después los huevos son eliminados en las heces del hospedero y caen a los pastizales, en donde se desarrollan hasta larvas infectantes nuevamente (L3) (Bowman y Lynn, 2009) El ciclo biológico de los NGI se muestra en la Figura1.

El periodo de prepatencia abarca desde la ingestión de la L3 hasta que los machos y las hembras copulan y se producen huevos fértiles. Este periodo puede ser de 15 a 21 días (Hansen y Perry, 1994). Una característica biológica de algunos nematodos gastrointestinales, es la detención temporal del ciclo biológico o inhibición del desarrollo, como larva 4 inicial (L4), éste fenómeno es conocido como hipobiosis y se presenta cuando el parásito no cuenta con las condiciones ambientales necesarias para continuar su ciclo biológico (Fernández y Fiel, 1998; Dopchiz *et al.*, 2000). El medio ambiente y las interacciones entre sus componentes son el elemento fundamental para el ciclo biológico de los NGI y para el establecimiento de la nematodiasis. La temperatura, la humedad y la presencia de oxígeno son de vital importancia para el desarrollo de huevos a larvas, para la sobrevivencia de las larvas en el medio ambiente y para que los parásitos adultos inicien su actividad reproductiva y excreción de huevos fértiles (O'Connor *et al.*, 2006).

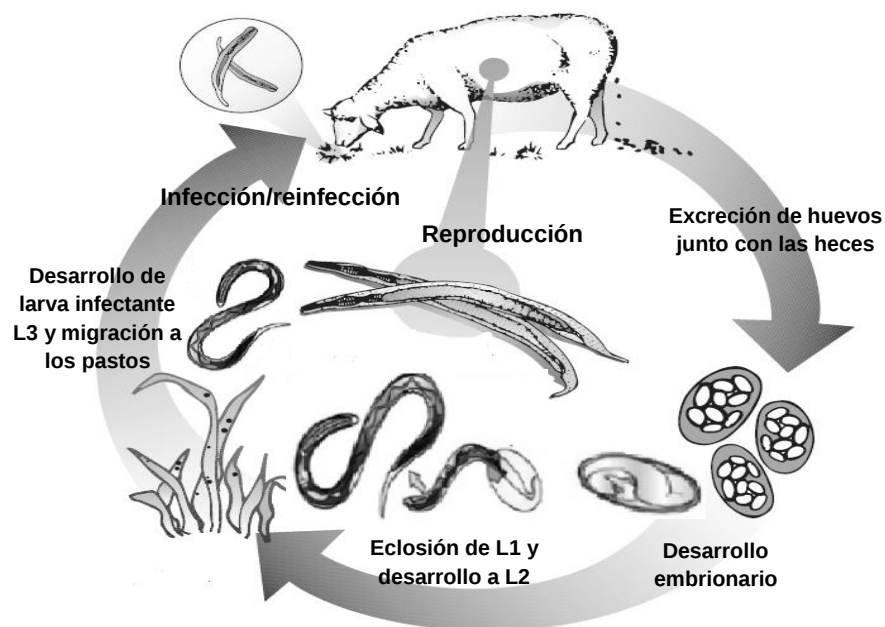


Figura 1. Ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales de los ovinos. Modificada de Bowman y Llyn (2009) y Whittier et al. (2009).

2.4 Efecto de las nematodiasis sobre la salud y productividad de los ovinos

Las nematodiasis de pequeños rumiantes en rebaños del trópico llegan a alcanzar prevalencias superiores al 92% (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Las alteraciones fisiopatológicas que ocasionan los NGI dependen del grado de infección, la susceptibilidad, la inmunidad, la edad, del animal, los géneros de NGI involucrados y el medio ambiente, normalmente se presentan trastornos en el consumo de alimento, mala digestión, mala absorción y secreción de metabolitos, observándose signos clínicos como diarrea, anemia, edema submandibular y muerte en infecciones severas (Parkins y Holmes, 1989; Hoste, 2001).

El efecto de mayor importancia de las nematodiasis en las explotaciones de ovinos, es la progresiva pérdida de la condición corporal, disminución en la ganancia de peso hasta en un 50%, provocando un alargamiento del tiempo necesario para que los animales alcancen el peso para su venta, con lo cual se incrementan los costos por la alimentación derivado del aumento en el tiempo de permanencia del animal en la explotación, o incluso puede observarse mortalidad de animales en un 20 a 50% (Hoste, 2006; Luna-Palomera *et al.*, 2010).

En general, además de generar problemas económicos para los sistemas de producción pecuaria de todo el mundo, el deterioro de la salud de los ovinos infectados con NGI representa un problema y una preocupación desde el punto de vista del bienestar animal (Kaminski *et al.*, 2013).

2.5 Control convencional de los NGI

La intensificación de los sistemas de producción de rumiantes, ha exigido el control de los NGI para poder mantener la integridad física de los animales y obtener niveles óptimos de producción. Para alcanzar este objetivo, se han utilizado a los fármacos AH, los cuales se han comercializado desde la década de los cuarenta (Sargison, 2012). Después de una intensa búsqueda por crear nuevos compuestos y de la promoción y comercialización de los AH; los productores y veterinarios han aprendido que la manera “correcta” de controlar los NGI en los rumiantes es la desparasitación regular de todos los animales del rebaño (Amarante, 2013). Desde hace varios años esta estrategia ha sido considerada como el método de control parasitario más económico y efectivo. Debido a la aceptación y popularidad de los AH, actualmente se cuenta con una gran variedad de compuestos comerciales, disponibles para cualquier productor (Coles *et al.*, 2006, Wolstenholmes *et al.*, 2004).

Los fármacos AH en la actualidad están agrupados en varias familias o grupos de acuerdo a su naturaleza química y efectos sobre los parásitos; sin embargo para el control de NGI en la producción de ovinos la utilización de fármacos se reduce solo a los grupos: benzimidazoles, imidazotiazoles y lactonas macrocíclicas pues son considerados AH de amplio espectro (Cuéllar-Ordaz, 2009; Torres-Acosta y Hoste, 2008). Los benzimidazoles descubiertos en 1960 (Borgers *et al.*, 1975), actúan bloqueando la tubulina e inhibiendo la formación de microtúbulos, agotando la glucosa y reservas energéticas de los nematodos (Horton, 2000) destacan los compuestos como el albendazol, mebendazol y febendazol. Los imidazotiazoles fueron descubiertos en 1970 (Coles *et al.*, 1974), actúan como agonistas de los receptores nicotínicos de la acetilcolina en la musculatura causando parálisis espástica y muerte del nematodo (Martin, 1997), en este grupo el levamisol es el compuesto de mayor uso en los rumiantes. Por su parte, las lactonas macrocíclicas

fueron descritas por primera vez en 1980 (Turner y Scheffer, 1989), actúan sobre los receptores del ácido gama amino butírico de los nematodos, aumentan la entrada de cloro provocando hiper polarización y parálisis (Wholstenholme y Rogers, 2005), destacan compuestos como la ivermectina, doramectina y moxidectina. Recientemente en algunos países han salido al mercado dos nuevas moléculas de AH; el compuesto monepantel del grupo de los fármacos derivados del aminoacetonitrilo y el compuesto dercuanter perteneciente al grupo de las espiroindolonas (Kaminsky *et al.*, 2008), ambos parecen actuar sobre la unión de los receptores de acetilcolina, causando parálisis muscular y la muerte de los parásitos (Ruíz *et al.*, 2011).

Todas las moléculas de AH normalmente son efectivas en el control de los NGI de los ovinos cuando se administra en las dosis recomendadas (Sargison, 2012); pero deben ser elegidos y utilizados adecuadamente, con base en criterios técnicos con el fin de obtener respuestas clínicas favorables. Algunos factores como: naturaleza química, propiedades farmacocinéticas, características de los animales, el tipo de parásitos a controlar y los métodos para la administración del AH, limitan el efecto de dichos compuestos, lo que favorece la aparición y/o el desarrollo de resistencia en los parásitos a estos principios activos (Prichard *et al.*, 1980).

2.6 Resistencia antihelmíntica

La resistencia antihelmíntica (RA) es un fenómeno cosmopolita que disminuye gradualmente el efecto antihelmíntico sobre los nematodos gastrointestinales de todas las especies incluyendo a las que afectan al ser humano (Jabbar *et al.*, 2006). La RA es el mecanismo genético de selección y adaptación que proporciona la capacidad heredable a los parásitos de sobrevivir a tratamientos AH, los cuales a dosis terapéuticas normalmente causan inhibición del crecimiento o muerte de parásitos de una población normal o susceptible (Kaplan, 2004). Esta modificación genética le confiere a ciertos parásitos, la capacidad de sobrevivir al efecto

farmacológico de una droga antihelmíntica, generándose así una población resistente (López-Arellano *et al.*, 2010).

El fenómeno de RA comienza a establecerse con parásitos que ante la exposición a un fármaco logran la capacidad de tolerar el efecto AH; al inicio del problema solo una pequeña proporción de la población parasitaria posee tolerancia genética al tratamiento, sin embargo, ante reiterados tratamientos con un mismo AH, la población mayoritariamente susceptible muere pero sobreviven los individuos resistentes, que luego de sucesivos tratamientos aumentan en número y transmiten esta capacidad de generación en generación disminuyendo gradualmente el efecto del AH (Díaz *et al.*, 2000).

El primer caso de resistencia de nematodos gastrointestinales a los antihelmínticos fue reportado en 1977 en Estados Unidos (Drudge *et al.*, 1977). Hoy en día, la resistencia de los parásitos a los antihelmínticos está ampliamente distribuida en todo el mundo y es un problema grave en los principales países tradicionalmente productores de ovinos (Jabbar *et al.*, 2006), el mismo fenómeno se reporta en varios países de América Latina (Torres-Acosta *et al.*, 2012) y México no es la excepción, el primer reporte de RA en el país fue en 1990, en el cual determinaron la presencia de una cepa de NGI resistentes al albendazol (Campos *et al.*, 1990), actualmente los parásitos con capacidad de resistir a los tratamientos AH son una realidad en muchos rebaños ovinos del Sureste de México (Torres-Acosta *et al.*, 2011) y algunos más del centro del país (Cuéllar-Ordaz, 2009).

En el Cuadro 1 se muestran los reportes de RA en ovinos del Sureste de México, se puede observar que se encuentra establecido un fenómeno de multirresistencia antihelmíntica donde se ven comprometidas todas las familias de antiparasitarios disponibles en el mercado y varios géneros de NGI, aunque los datos de RA solo son del Sureste del país, la problemática igualmente ha sido observada a nivel nacional (Aguilar-Caballero *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Reportes de resistencia antihelmíntica en el Sureste de México, lugar, antihelmínticos y géneros de NGI involucrados.

Lugar	Familia de antihelmíntico	Géneros de NGI involucrados	Autor
Edo. de Yucatán	Benz. y L.M.	<i>Haem.</i> , y <i>Trich.</i>	Torres-Acosta <i>et al.</i> (2003)
Huimanguillo y Teapa, Tabasco	Benz.	<i>Haem.</i> , <i>Tela.</i> , <i>Coop.</i> y <i>Oeso.</i>	González-Garduño <i>et al.</i> (2003)
Centla, Tabasco	Benz. y L.M.	<i>Haem.</i> , <i>Tela.</i> , y <i>Coop.</i>	Nuncio-Ochoa <i>et al.</i> (2003)
Edo. de Tabasco	Benz., Imid. y L.M.	<i>No Reportado</i>	Nuncio-Ochoa <i>et al.</i> (2005)
Centro y Altos de Chiapas	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> y <i>Tela.</i>	Sánchez-Pineda <i>et al.</i> (2008)
Centro, Tabasco	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> y <i>Trich.</i>	Medina-Pérez <i>et al.</i> (2011)
San Fernando, Chiapas	Benz. y L.M.	<i>Haem.</i> , <i>Trich.</i> y <i>Tela.</i>	Reyes-García <i>et al.</i> (2013)
Jalapa, Centro y Cunduacán, Tabasco	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> , <i>Trich.</i> y <i>Oeso.</i>	Herrera-Manzanilla <i>et al.</i> (2013)

*Benz.= benzimidazoles, Imid.= imidazotiazoles, L.M.= lactonas macrocíclicas.

Haem.= *Haemonchus*, *Trich.*= *Trichostrongylus*, *Tela.*= *Teladorsagia*, *Coop.*= *Cooperia* y *Oeso.*= *Oesophagostomum*.

La producción de ovinos y caprinos frente al fenómeno de RA, sufren de un impacto tan severo que se ha sugerido en ocasiones el sacrificio de rebaños completos debido a que el control de los NGI se ha convertido en una tarea imposible (Blacke y Coles, 2007), de seguir en aumento el fenómeno de RA, en pocos años la viabilidad de los sistemas de producción de ovinos de todo el mundo puede verse comprometida (Besier, 2007), sobre todo cuando a pesar de que se están comenzando a producir nuevos fármacos como el dercquantel y monepantel, estos no están disponibles en México y aun con estas nuevas moléculas, la preocupación aumenta al descubrir que estos nuevos compuestos ya han generado RA en los rebaños en los que se han comenzado a administrar (Scott *et al.*, 2013). Ante esta preocupación se ha considerado disminuir la dependencia a los fármacos y mantener la proporción de poblaciones de NGI sin exposición a los tratamientos a través de la implementación de estrategias de control alternativo y desparasitación selectiva.

2.7 Alternativas de control de NGI en ovinos

Actualmente existen diversas alternativas para el control de NGI con distintos grados de avances y de eficacia; de forma general estas se han enfocado en la disminución de la dependencia del uso de fármacos antihelmínticos y en consecuencia el retraso en la aparición o aumento de la RA (Torres-Acosta *et al.*, 2012; Molento *et al.*, 2011). A continuación se describen las principales alternativas de control de NGI utilizadas en producción de ovinos.

2.7.1 Manejo del pastoreo

Los sistemas de producción de rumiantes en zonas tropicales están basados en la obtención de alimentos a través del consumo de pastos en praderas o potreros, estos sistemas de pastoreo permiten que los animales tengan una interacción con el medio ambiente y en consecuencia con los parásitos. En las praderas se lleva a cabo la fase externa o exógena del ciclo biológico de los NGI hasta dar lugar a la larva infectante (L3), la cual es ingerida por los animales junto con la pastura al alimentarse. Con base en la biología y epidemiología de los NGI se han diseñado estrategias de control en las que se lleva a cabo un manejo de las praderas con el fin de prevenir, evadir o diluir una infección (González-Garduño *et al.*, 2009; Barger, 1997). Una de las técnicas de manejo del pastoreo aceptadas y que ha demostrado reducir el grado de infección de NGI y en consecuencia el número de tratamientos AH, es la rotación de potreros (Barger *et al.*, 1994). La rotación de potreros, proporciona descansos a la pradera después de ser consumida por los animales, con lo cual se permite su recuperación y crecimiento para que días después nuevamente pueda ser sometida al pastoreo; además del descanso de la pradera, la exposición ambiental prolongada y la desecación ocasionada por la exposición a la radiación solar disminuye la viabilidad y el número de larvas infectantes (L3) que el animal consumiría normalmente junto con el forraje (Colvin *et al.*, 2012), algunos trabajos como el de Carrion, han demostrado que los periodos de riesgo significativo de infección en las praderas, están relacionados con el grado de excreción de HPG del rebaño que ocupó el área, cuando la excreción se encuentra entre 500 y 1000

HPG, el periodo de mayor riesgo de infección se encuentra entre los 15 y 36 días posteriores a la ocupación; cuando la excreción del rebaño es superior a 1000 HPG el periodo de mayor riesgo de infección se extiende desde los 12 hasta 41 días, y cuando el rebaño tiene un nivel bajo de infección inferior a 500 HPG, no existen periodos de riesgo de infección o reinfección inmediata (Carrión, 2006). Aunque se han publicado trabajos en los que se demuestra que el manejo del pastoreo disminuye el grado de infección por NGI (Walkden *et al.*, 2013), también existen reportes en los que se señala que la excreción de HPG de animales en pastoreo continuo puede ser menor, comparado con animales en pastoreo rotacional sin encontrar diferencia en la ganancia de peso, aunque es importante señalar que los animales en pastoreo rotacional pueden mostrar mejores condiciones fisiológicas como: mayor hematocrito, mayor condición corporal y mayor coloración de la mucosa palpebral (Vásquez *et al.*, 2006).

Otra posibilidad dentro de las estrategias de manejo del pastoreo, puede ser el pastoreo mixto, en el cual los ovinos comparten la pradera con otra especie como caprinos, bovinos o equinos. El pastoreo mixto se fundamenta en el hecho de que los NGI cumplen con una especificidad de hospedero; es decir, los NGI de los ovinos no necesariamente son parásitos de otros herbívoros y el efecto patogénico de los nematodos es diferente entre las especies rumiantes y herbívoros (Barger, 1999). Por lo cual cuando dos diferentes especies pastorean juntas, cada especie disminuye el grado de infectividad de las pasturas para la especie de mayor susceptibilidad (Burke *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2008).

2.7.2 Inmunización y vacunas

En las últimas décadas se han realizado intensas búsquedas con el fin de descubrir antígenos para producir mecanismos capaces de proveer de inmunidad contra los parásitos de los rumiantes. Algunos de los estudios han permitido ofrecer vacunas para el mercado, como es el caso de la vacuna atenuada y elaborada a través de la irradiación de larvas del nematodo pulmonar *Dictyocaulus viviparus* (McKend, 2000), sin embargo, de forma comercial no existe ninguna vacuna que pueda proveer de

protección ante los NGI de los rumiantes (Torres-Acosta y Hoste, 2008). No obstante, a la fecha ha sido posible descubrir antígenos capaces de producir una reacción inmunológica de protección ante los NGI en diferentes grados (Knox *et al.*, 2003) y los estudios continúan con la posibilidad de producir vacunas para el control de los NGI (Osuna y Alunda, 2011).

La mayoría de los estudios que actualmente se desarrollan han sido enfocadas al desarrollo de inmunidad frente al nematodo *Haemonchus contortus*, de los cuales existen diversos grados de avances que van desde la inoculación de larvas infectantes (L3) para estimular la inmunidad y reducir el grado de parasitismo (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011), hasta la purificación de proteínas antigénicas para el desarrollo de vacunas (Knox y Smith, 2001). En cuanto a las vacunas, los avances más importantes han sido descubrir y caracterizar los antígenos que confieren inmunidad, antígenos de excreción y secreción (Bakker *et al.*, 2004), antígenos somáticos (Domínguez *et al.*, 2000) y antígenos ocultos (Munn, 1997), de estos últimos, se han utilizado extractos purificados del antígeno denominado contortin el cual es una proteína del lumen intestinal y la faringe de parásitos adultos (Munn *et al.*, 1987). Al ser evaluados en ovinos desafiados a infecciones artificiales con larvas infectantes, indujeron el desarrollo anticuerpos específicos y disminución de la susceptibilidad a la haemoncosis (Munn *et al.*, 1987). Otro antígeno importante es el H11, el cual es una glicoproteína estructural obtenida de las microvellosidades intestinales de *Haemonchus* (Smith *et al.*, 2001) y que ha demostrado disminuir hasta en un 99% la producción de huevos de nematodos y una reducción hasta del 95% en los nematodos adultos recuperados *post mortem* (Munn *et al.*, 1997). Así mismo el complejo de la glicoproteína H-gal-GP obtenida de la superficie de las microvellosidades intestinales (Smith *et al.*, 1994) ha demostrado reducir hasta en un 95% la producción de huevos y una reducción hasta del 72% en los nematodos adultos recuperados *post mortem* (Smith y Smith, 1996). Estos resultados demuestran una alta viabilidad para desarrollar vacunas para el control de NGI. Sin embargo, la producción de antígenos para la vacunación de los ovinos es una estrategia relativamente nueva, por lo cual se requiere de mayor investigación sobre el tema y aún falta por descubrir antígenos para el control de los demás géneros de

NGI de los ovinos (Smith, 2008). Así mismo se ha mencionado que existen pocas evidencias del uso de las vacunas en campo y además los expertos mencionan que el uso de vacunas contra NGI debe considerarse como una estrategia para mantener bajas cargas parasitarias y disminuir los niveles de contaminación de praderas y no deben considerarse como una estrategia para la erradicación de los NGI (Piedrafita *et al.*, 2012; Smith y Zarlenga, 2006).

2.7.3 Control biológico

En el medio ambiente existen y se desarrollan organismos antagónicos a los parásitos, estos han sido estudiados y han llegado a mostrar un potencial significativo como control biológico de los nematodos parásitos de los ovinos. El control biológico está dirigido a la manipulación de enemigos naturales para enfrentarlos a los NGI y reducir la población de larvas en el medio ambiente y mantener un nivel inferior al que normalmente se presenta en ausencia del organismo de control (Waller *et al.*, 2006). Dentro de las formas naturales de control biológico y que no requieren la manipulación del ser humano se han descrito a las lombrices de tierra (*Lumbricidae ssp*) y los escarabajos estercoleros (*Scarabaeidae ssp*), ambos casos tienen un papel importante en la manipulación, descomposición e incorporación de las heces al sustrato; junto con estos procesos se interfiere en el desarrollo de las fases libres de los NGI, disminuyendo el potencial de infección en las pasturas (Grønvold *et al.*, 1996). Además, ha sido estudiado el potencial de otros organismos como enemigos naturales de los NGI, y han sido identificados principalmente: bacterias (López-Arellano *et al.*, 2006), ácaros (Walia y Mathur, 1995), hongos (Larsen, 1999) y nematodos caníbales (Aguilar-Marcelino, 2012). Dentro de las bacterias han destacado *Bacillus circulans*, *Bacillus cereus*, y *Bacillus thuringiensis*; a los cuales se les ha atribuido un efecto tóxico sobre las larvas de NGI y han demostrado reducción en el número de larvas hasta en un 81% (Sinott *et al.*, 2012), en México se ha evaluado la capacidad de adhesión de las esporas bacterianas del género *Pausteria* para disminuir las poblaciones de larvas de *Haemonchus contortus* y se han obtenido porcentajes de adhesión cuticular hasta del 40% (Aguilar-Marcelino, 2012), el mismo autor reporta el empleo de ácaros y

nematodos con actividad depredadora sobre las larvas de NGI de rumiantes. El potencial de depredación del ácaro *Lasioseius penicilliger* sobre larvas infectantes *H. contortus* ha demostrado porcentajes de reducción hasta en un 79.5% y el nematodo del género *Butlerious* al alimentarse de larvas de *Haemonchus sp* ha demostrado reducciones de larvas hasta en un 92%. Estos resultados son interesantes, sin embargo a nivel mundial los resultados más prometedores en el control biológico los han proporcionado los hongos depredadores de nematodos. Los géneros *Arthrobotris*, *Dactylaria*, *Dactylella*, *Monacrosporium* y *Duddingtonia* (Sagüés et al., 2011), poseen atributos como: la capacidad de sobrevivir a las condiciones del tracto gastrointestinal, la capacidad a desarrollarse rápidamente en el estiércol y alta capacidad nematófaga (Waller y Thamsborg, 2004). El hongo nematófago *Duddingtonia flagrans* ha sido evaluado a nivel mundial y se ha reportado alta capacidad de reducción de larvas (Assis et al., 2013). En México se cuenta con una cepa de *D. flagrans* y ha permitido realizar estudios sobre la capacidad del hongo en la reducción de larvas de NGI (Mendoza de Gives et al., 1998) En un estudio *in vitro* fue evaluado *D. flagrans* sobre larvas de *Teladorsagia circumcincta*, *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus colubriformis*, encontrando porcentajes de captura con rangos entre 40 a 93% (González-Garduño, 2006), así mismo Ojeda-Robertos et al. (2008) observaron que la capacidad depredadora de *D. flagrans* permitió la reducción de larvas de NGI hasta en un 92%.

Los resultados obtenidos con los diferentes organismos antagónicos a los NGI, han demostrado ser eficientes en la reducción de larvas según resultados obtenidos a nivel *in vitro*, sin embargo, a nivel de campo no se cuenta con la disponibilidad de los recursos para establecer estrategias de control biológico por lo que estos métodos solo han podido establecerse de forma experimental, y en estos casos los resultados obtenidos en la reducción de larvas son inferiores a los resultados obtenidos *in vitro* (Santurio et al., 2011). No obstante, cabe señalar que el control biológico representa un avance significativo para disminuir la dependencia a los AH.

2.7.4 Uso de plantas con actividad antihelmíntica

Diversas plantas en todo el mundo se han estudiado por su efecto antiparasitarios y han sido utilizados en la herbolaria tradicional como práctica milenaria por las comunidades indígenas de todo el mundo y actualmente son analizadas y evaluadas bajo un concepto etnobotánico (Githiori *et al.*, 2006). Se han podido identificar que los principales componentes bioactivos de estas plantas son: terpenos, alcaloides, saponinas, antraquinonas y taninos (Rochfort *et al.*, 2008). El empleo de las plantas para el control de los NGI pueden ser de tipo fitoterapéutico o nutracéutico (Sandoval-Castro *et al.*, 2012). El primero se refiere al empleo de una planta a través de sus extractos para generar un efecto similar a un AH sintético (Hounzangbe-Adote *et al.*, 2005). El segundo, se refiere a plantas que se utilizan con doble propósito, el primero como alimento de los animales y el segundo para la reducción del grado de parasitismo a través de los compuestos secundarios como los taninos (Hoste *et al.*, 2006). En México destacan algunas plantas a las cuales se han realizado evaluaciones relacionadas con su efecto AH, como ejemplo se mencionan al estafiate (*Artemisia ludoviciana*), epazote (*Dysphania ambrosioides*), semilla de calabaza (*Cucurbita sp.*), semilla de papaya (*Carica papaya*) y ajo (*Allium sativum*). El efecto AH de los extractos de estas plantas presentaron una acción antiparasitaria variable y con eficacias de moderadas a bajas (Hernández y López, 2000), sin embargo, otros estudios sugieren que los extractos de plantas como *Phytolacca icosandra* muestran clara actividad AH *in vitro* contra los huevos y larvas de *H. contortus* (Hernández-Villegas *et al.*, 2011). En cuanto a los estudios sobre efectos nutracéuticos, se ha demostrado que las plantas ricas en taninos muchas veces no muestran un efecto AH directo y por tal motivo no disminuyen el grado de parasitismo de los animales, pero si reducen potencialmente la capacidad reproductiva, la capacidad de nutrición y la motilidad de los NGI. Estos resultados se han observado al evaluar las plantas *Havardia albicans*, *Lysiloma latisiliquum*, *Onobrychis viciifolia* y *Shinopsis sp.* (Galicia-Aguilar *et al.*, 2012; Martínez-Ortiz de Montellano, 2010). En contraste también existen trabajos en los cuales la administración de productos y extractos derivados de plantas, así como el efecto del pastoreo en praderas con plantas ricas en taninos, no ha mostrado efecto sobre el

grado de excreción y el potencial reproductivo de los NGI y tampoco sobre el estado fisiológico de los animales parasitados (Burke *et al.*, 2009; Athanasiadou *et al.*, 2005). Otro factor de importancia observado en las evaluaciones de plantas como control de NGI, es que el efecto AH obtenido en experimentos *in vitro* normalmente son indicativos de efectividad, sin embargo al evaluar el efecto *in vivo*, la efectividad disminuye (Athanasiadou *et al.*, 2001).

2.7.5 Agujas de cobre

El cobre es un metal necesario para la nutrición de los animales y se encuentra relacionado en la síntesis de hierro y la formación de hemoglobina (Ammerman y Goodrich, 1983); además de su importancia en la alimentación de los rumiantes, este mineral ha sido utilizado para reducir el grado de infección de NGI de los pequeños rumiantes (Torres-Acosta y Hoste, 2008). Sin embargo, también se ha señalado que algunas formas del cobre puede ocasionar serios problemas de intoxicación (Aguilar-Caballero, 2011), por tal motivo se han utilizado partículas o agujas de óxido de cobre, las cuales han demostrado no poseer toxicidad en dosis bajas y moderadas que van de 0.5, 1, 2 y 4 g por animal (Burke y Miller, 2006; Vatta *et al.*, 2009), reportándose altas concentraciones hepáticas y posible toxicidad con dosis superiores a los 10 a 20 g (Judson *et al.*, 1982).

Las agujas de óxido de cobre al ser administradas en capsulas por vía oral llegan hasta el rumen, son transportadas al omaso y posteriormente se aloja en los pliegues del abomaso para que con acción del ácido clorhídrico comiencen a liberarse iones de cobre que tendrán contacto con los NGI (Martínez-Ortiz de Montellano, 2010). En algunos trabajos se ha reportado efectos del óxido de cobre sobre la reducción en el HPG de 90 a 95% (Soli *et al.*, 2010; Vatta *et al.*, 2009). Así mismo se ha encontrado en la inspección de abomaso post sacrificio reducciones de NGI adultos hasta en un 73% pos tratamiento con óxido de cobre (Galindo-Barbosa *et al.*, 2011). Sin embargo, a pesar del efecto antihelmíntico positivo del óxido de cobre, otros trabajos han demostrado que la mayor efectividad se obtiene sobre *Haemonchus*, y la efectividad es baja para *Teladorsagia* y no se encontró efecto

sobre el género *Trichostrongylus*, por lo cual el espectro AH de las agujas de óxido de cobre es reducido y limita el control de los NGI de los ovinos (Bang *et al.*, 1990). También se ha señalado que es necesario considerar que aunque algunos trabajos han demostrado seguridad en las dosis utilizadas como AH, la administración de óxido de cobre puede provocar posibles efectos tóxicos por lo cual su utilización debe ser dirigido a tratamientos selectivos (Torres-Acosta y Hoste, 2008).

2.7.6 Suplementación alimenticia

La alimentación juega uno de los papeles de mayor importancia en cualquier sistema de producción animal, así mismo ha sido determinado que los animales mejor alimentados, particularmente los que reciben mayor aporte de proteínas, tienden a mejorar la respuesta ante las enfermedades (Van Houtert *et al.*, 1995). En los sistemas de pastoreo en donde los animales tienen mayor riesgo a padecer enfermedades parasitarias, la alimentación condiciona el mantenimiento de niveles productivos, pero también determina en qué grado los animales se infectan, la tolerancia a una infección, el nivel de defensa contra los NGI y la magnitud patogénica de las nematodiasis (Torres-Acosta *et al.*, 2009). En este sentido, es importante considerar que en los mecanismos de nutrición de los rumiantes la prioridad principal es obtener nutrientes para satisfacer sus necesidades fisiológicas y garantizar su supervivencia, en segunda prioridad los nutrientes son utilizados para el crecimiento y la reproducción y finalmente las funciones de expresión de la inmunidad contra los NGI dependerán de la cantidad de nutrientes que el animal reciba después de satisfacer sus prioridades fisiológicas (Coop y Kyriazakis, 2001). Es entonces cuando la suplementación puede contribuir a mejorar una respuesta inmunológica y soportar las consecuencias fisiopatológicas de la infección por los parásitos (Knox *et al.*, 2006).

Establecer estrategias de suplementación ha permitido obtener resultados favorables en el control del grado de infección por NGI. En animales suplementados con proteína, se ha observado reducción en el HPG y además las ovejas tienen a presentar mejor condición corporal y mejores valores hematológicos, comparados

con animales que dependen únicamente del forraje (Luna-Palomera *et al.*, 2010; Louvandini *et al.*, 2006). Sin embargo, se ha considerado que la capacidad de recuperación ante una infección y la capacidad de respuesta ante las nematodiasis no depende directamente de una estrategia de suplementación y varía de un animal a otro debido al gradiente de resistencia genética presente en los animales de un rebaño (Torres-Acosta *et al.*, 2004).

2.7.7 Selección de animales con resistencia genética a los NGI

La expresión de los mecanismos genéticos de resiliencia y resistencia favorece la respuesta inmunológica, disminuyen la susceptibilidad y el grado de alteraciones patológicas ante las infecciones por NGI (Albers *et al.*, 1987). La resiliencia es la capacidad de los ovinos de tolerar una infección parasitaria, sin que se vean comprometidas su salud y su eficiencia productiva (Albers y Gray 1987). Así mismo, la resistencia es la capacidad de los ovinos para evitar que se infecten con NGI (Riffkin y Dobson, 1979).

La resistencia depende de la expresión de características de respuesta inmunológica que el animal posee en su material genético y el proceso de selección natural con el desafío diario con los NGI. En los últimos años, algunas investigaciones han descifrado el genoma ovino y actualmente han permitido crear mapas genómicos para determinar y caracterizar los locus de las características cuantitativas que indican la presencia de resistencia a los NGI (Marshall *et al.*, 2013; Bowdridge *et al.*, 2013). Estas características cuantitativas están relacionadas con los indicadores fenotípicos de excreción de huevos de NGI por gramo de heces, así como indicadores fisiopatológicos como la anemia y la baja condición corporal, los cuales permiten identificar y seleccionar animales resistentes (Idika *et al.*, 2012). Se han determinado y seleccionado razas con resistencia genética a los NGI de las cuales destacan las razas de ovinos de lana: Merino (Eady *et al.*, 1996), Romney Marsh (Baker *et al.*, 1991 citado por Morteo *et al.*, 2004) y las razas de pelo Red Maasai (Mugambi *et al.*, 1997), Santa Inés (Amarante *et al.*, 2004), Black Belly (Yazwinski *et al.*, 1980), Saint Croix (Courtney *et al.*, 1985) y Pelibuey (Morteo *et al.*, 2004).

Algunas de las alternativas antes mencionadas se han investigado desde hace varios años, otras son relativamente nuevas. Independientemente del grado de avance, todas las alternativas han demostrado resultados prometedores y proporcionan una esperanza en el control efectivo de parásitos de los rumiantes (Hoste y Torres-Acosta, 2011). Sin embargo, la mayoría de estas alternativas de control se han evaluado de forma experimental y muchas veces no han sido probadas en condiciones de producción (Jackson y Miller, 2006). En otros casos la alternativa no se encuentra disponible en México y en consecuencia todas ellas quedan fuera del alcance de los productores de ovinos, los cuales continúan haciendo uso indiscriminado de los AH (Ruíz-Uitzíl *et al.*, 2011) y el fenómeno de RA sigue en aumento. Ante esta situación, se ha visto la posibilidad de establecer otras alternativas de control de NGI que puedan estar al alcance de los productores y que disminuyan la dependencia y racionalicen el uso de los AH a través de estrategias de desparasitación selectiva (Amarante, 2013; Molento *et al.*, 2011).

2.7.8 Desparasitación selectiva

Las estrategias de desparasitación selectiva reducen el número de tratamientos antihelmínticos y la dependencia a los antiparasitarios, dirigiendo estas desparasitaciones a los animales que realmente lo necesiten (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Esta estrategia busca la disminución del impacto de las enfermedades parasitarias, mantener la salud, la producción y el bienestar de los ovinos (Woodgate y Love, 2012). Las estrategias de desparasitación selectiva consideran los siguientes conceptos como bases biológicas para su establecimiento y desarrollo:

A) Frecuencia y distribución del parasitismo en los rebaños de ovinos

En los sistemas de producción de pequeños rumiantes de todo el mundo, se ha determinado que la frecuencia de animales infectados con NGI es alta, llegando a alcanzar prevalencias superiores al 90%, sin embargo, se ha demostrado que en los rebaños la distribución del grado de parasitismo en los animales muestra un fenómeno de sobre dispersión (Herrera *et al.*, 2013; Barger, 1985), esto quiere decir

que aunque la mayor parte de los animales se encuentren parasitados, solo una pequeña proporción de estos mantienen grados de parasitismo elevado (Van Wyk *et al.*, 2006). Esta pequeña proporción de animales representan una fuente de excreción de huevos y contaminación de las pradera (Carrión, 2006), además generalmente son los que presentan deficiencia productiva y ocasionalmente signos clínicos como diarrea, pérdida de peso y anemias que podrían llevarlos a la muerte (Hoste, 2006). Ante este fenómeno, la desparasitación selectiva dirige los tratamientos exclusivamente a los animales que se encuentran altamente parasitados y en riesgo, dejando a muchos animales sin tratamiento y por consiguiente a una población de parásitos sin contacto con los AH.

B) El desarrollo del fenómeno de RA y el concepto de refugio

Para que el fenómeno de RA se presente o se desarrolle en un rebaño, las poblaciones de NGI parásitos de los ovinos deben ser expuestas, tener contacto con los AH y desarrollar los mecanismos de selección que le permitan sobrevivir a los antiparasitarios (Jabbar *et al.*, 2006). Cuando los tratamientos AH se realizan frecuentemente, a intervalos cortos entre tratamientos y desparasitando por igual a todos los animales de un rebaño, la presión de selección de los NGI aumenta y en consecuencia se desarrolla la RA. Ante esta situación se ha considerado que los tratamientos AH deben ser dirigidos a los animales que lo requieren y mantener animales sin desparasitar para mantener poblaciones de NGI en refugio y sin presión de selección (Amarente, 2013). El concepto de refugio se ha referido a las poblaciones de NGI parásitos de rumiantes que no tienen contacto con los AH (Kenyon *et al.*, 2009). El principal refugio se da en las praderas, ya que una población considerable de NGI se encuentra en el exterior de los animales, cumpliendo las fases exógenas del ciclo biológico desde que se excretan los huevos en las heces de los animales hasta que llegan a larvas infectantes; en el exterior estos parásitos se encuentran naturalmente en refugio, sin tener contacto con los AH. También al realizar cambios en la forma de realizar los tratamientos AH y abandonando la costumbre de desparasitar a todos los animales del rebaño, comenzando a desparasitar de forma selectiva se puede mantener una población de NGI adultos que no tienen contacto con los fármacos, deliberadamente se les

permite sobrevivir, la presión de selección disminuye y la progenie mantiene y hereda ciertos grados de susceptibilidad a los AH (Besier, 2011).

2.7.8.1 Estrategias de desparasitación selectiva utilizadas en los ovinos

En la actualidad han sido propuestas algunas estrategias de desparasitación selectiva, la mayoría utilizan indicadores fisiopatológicos con los cuales los tratamientos son dirigidos solo a una pequeña proporción de animales de todo el rebaño (Bath, 2013) las estrategias de desparasitación selectiva utilizadas en ovinos, son las siguientes:

2.7.8.2 Estrategias de desparasitación de acuerdo al grado de parasitismo

Las técnicas coproparasitoscópicas de laboratorio que proporcionan una aproximación al grado de parasitismo de los ovinos a través de la estimación del número de huevos de NGI por gramo de heces, ha demostrado ser la herramienta de mayor objetividad en las estrategias de desparasitación selectiva. La técnica McMaster ha sido analizada y se ha determinado que posee alta sensibilidad en la determinación del HPG de los animales infectados con NGI (Sweeny *et al.*, 2011), debido a su confiabilidad esta técnica ha sido utilizada a nivel mundial desde hace muchos años y ha permitido detectar y dirigir los tratamientos AH a los animales con alta excreción de HPG.

La desventaja de la desparasitación selectiva con base en el HPG, consiste en la poca practicidad de esta estrategia, ya que en un rebaño se deben analizar muchas muestras y se debe contar con un laboratorio, equipo y personal capacitado, situación que ha resultado ser poco atractiva para los productores (Torres-Acosta *et al.*, 2009). En consecuencia las estrategias de desparasitación selectiva utilizan indicadores fisiológicos que permitan dirigir los tratamientos AH en forma más práctica.

2.7.8.3 Estrategias de desparasitación de animales anémicos detectados con el sistema FAMACHA©

El sistema FAMACHA© (Faffa Malan chart), es una herramienta desarrollada en Sudáfrica, en donde se realizaron estudios en los que se determinó una asociación positiva entre los valores de hematocrito y el grado de la coloración de la mucosa palpebral de animales parasitados con *Haemonchus contortus* (Malan *et al.*, 2001). Los resultados de estos estudios llevaron a la creación de una tarjeta de colores con escalas del 1 al 5 que permite la detección de los animales que de acuerdo al grado de la coloración de la mucosa palpebral indiquen que se encuentran anémicos, atribuyendo el cuadro de anemia a la presencia de *H. contortus* y en consecuencia requieran de un tratamiento AH (Van Wyk y Bath, 2002).

La metodología para el uso de la tarjeta FAMACHA© consiste en realizar una inspección individual de los ovinos y con ayuda de la tarjeta determinar el grado del color de la mucosa palpebral, los grados 1 y 2 de la tarjeta indican que los animales no tienen anemia y no requieren ser desparasitados, en el grado 3 de la tarjeta se deja a criterio del técnico en realizar o no la desparasitación y finalmente, los animales con valores 4 ó 5, se encuentran en un grado crítico de anemia y según la tarjeta son los únicos que deben recibir un tratamiento AH. El uso de FAMACHA©, ha demostrado reducir significativamente la frecuencia de los tratamientos AH, y se ha considerado como un herramienta de alta sensibilidad en la detección de animales anémicos (Kaplan *et al.*, 2004).

Se ha mencionado que una desventaja de este sistema, es que el personal que implemente el uso de la técnica FAMACHA© debe estar entrenado para reducir el grado de error (Reynecke *et al.*, 2011). Sin embargo, la principal desventaja de esta técnica es que FAMACHA© es aplicable siempre y cuando los ovinos se encuentren parasitados con *H. contortus*, quedando sin efecto ante el parasitismo por otros géneros de NGI, y generando resultados insatisfactorios ante la posible presencia de otros parásitos causantes de anemia (*Fasciola hepática*) o de causas no parasitaria de anemia como la mal nutrición (Papadopoulos *et al.*, 2003)

2.7.8.4 Estrategias de desparasitación de animales con baja CC

A diferencia de *H. contortus* quien produce anemia en los ovinos, existen géneros de NGI como *Trichostrongylus*, *Teladorsagia* y *Oesophagostomum* que ocasiona depresión en el consumo voluntario de alimento, mala digestión y mala absorción (Fox, 1997; Hoste, 2001), estos procesos generan disminución de la ganancia de peso y de la condición corporal.

La estimación de la condición corporal es una técnica subjetiva para evaluar el estado nutricional de los ovinos y actúa como un indicador potencial del estado general de salud, la eficiencia productiva y reproductiva en un rebaño (Vatankhah *et al.*, 2012; Phythian *et al.*, 2012). Una estimación basada en el desarrollo muscular y la acumulación de tejido adiposo en el dorso de un animal ha permitido establecer escalas de la CC, 1 (caquéxico) al 5 (obeso) (Russel *et al.*, 1991). El grado de condición corporal ha sido utilizado como indicador del grado de parasitismo, debido a que en algunos casos se ha observado que los animales con baja condición corporal se encuentran altamente parasitados con NGI (Idika *et al.*, 2012), es así que la CC ha sido propuesta como indicador para llevar a cabo desparasitación selectiva. Al realizar inspecciones periódicas de todo el rebaño, seleccionando y desparasitando exclusivamente a los animales que muestran baja condición se ha permitido disminuir los tratamientos AH hasta en un 83% (Gallidis *et al.*, 2009). Sin embargo también se ha demostrado que el grado de CC también puede estar influenciado por factores ajenos al parasitismo, por lo cual se considera que el uso de la CC como indicador para desparasitación selectiva carece de especificidad (Ouzir *et al.*, 2011).

2.7.8.5 Estrategias de desparasitación de animales con disminución en la ganancia de peso

Se ha considerado a la ganancia de peso como indicador en los programas de desparasitación selectiva de ovinos, debido a que cuando los animales no ganan o pierden peso progresivamente se sospecha que esto se deba a la presencia de NGI, ya que como se ha mencionado anteriormente, los diferentes géneros de NGI,

parásitos de los ovinos que no son hematófagos, generalmente provocan un síndrome de mala absorción-digestión y en consecuencia los animales presentan baja o nula ganancia de peso (Luna-Palomera *et al.*, 2010; Hoste, 2001). En la mayoría de las estrategias de desparasitación selectiva basadas en la ganancia de peso, los animales deben ser pesados periódicamente y reciben tratamiento AH solo aquellos corderos que no logran llegar al peso esperado (Yacob *et al.*, 2009; Kenyon *et al.*, 2009). Sin embargo, algunos estudios indican que la ganancia de peso reduce la frecuencia y el número de tratamientos AH pero reconocen que no es un indicador específico para la presencia de NGI y sugieren tomar en cuenta los costos derivados de la compra de equipo y la obtención periódica de los pesos (Stafford *et al.*, 2009).

2.7.8.6 Estrategias de desparasitación de acuerdo a la presencia y grado de diarrea

Se ha establecido que la ingestión de larvas de NGI y que la excreción de metabolitos y toxinas por parte de los NGI adultos provocan diarreas en los ovinos (Hoste, 2001; Larsen *et al.*, 1994). Con base en estos hechos se ha utilizado al grado de diarrea como un indicador para la detección de animales con grados elevados de parasitismo; es así que se ha propuesto una escala de diarrea denominada “Disco” en la cual se asignaron grados de acuerdo a la características de las heces; el grado 1=40% de materia seca (heces normales en pellets), grado 2=26% de materia seca (heces suaves, similares a heces de bovino) y grado 3=16% de materia seca (diarrea, heces semi líquidas) (Cabaret *et al.*, 2006). Al implementar estrategias de desparasitación selectiva utilizando el grado de diarrea, se han logrado disminuir hasta en un 85% el número de tratamientos AH (Bentounsi *et al.*, 2012; Ouzir *et al.*, 2011). Sin embargo, debe considerarse que el nivel de diarrea no es un indicador específico para el grado parasitismo de los ovinos, y que este signo clínico es un proceso complejo como evidencia de diversas enfermedades (Williams y Palmer, 2012).

2.7.8.7 Estrategias de desparasitación de animales que presentan disminución en la producción

En regiones geográficas donde existen pequeños rumiantes especializados en la producción de leche o lana, los efectos subclínicos de las infecciones por NGI principalmente por los géneros: *Trichostrongylus sp*, *Teladorsagia sp*, *Oesophagostomum sp* y *Nematodirus sp*, provocan disminución en la producción diaria de estos productos (Brunsdon, 1964); algunos autores han mencionado que animales que se encuentran en la primera lactancia y con altas producciones de leche, generalmente muestran mayor susceptibilidad a la infección por NGI y son los principales responsables de la contaminación de los pastos (Van Wyk *et al.*, 2006). Con base en este efecto observado, se han diseñado estrategias en las cuales se han dirigido los tratamientos AH a los animales que presentan un descenso en la producción. Estudios en cabras han indicado que la desparasitación selectiva de animales con disminución de la producción láctea, permite disminuir los tratamientos AH hasta en un 83% (Gallidis *et al.*, 2009), sin embargo, algunos trabajos sugieren tomar en cuenta que la presencia de otro tipo de parásitos como *Moniezia sp*, puede provocar de igual forma disminución en la producción (Brunsdon, 1964).

2.7.8.8 Estrategias de desparasitación de animales en riesgo

Pueden ser considerados los tratamientos AH en forma selectiva al dirigirlos a los animales que se encuentren expuestos o en riesgo de infección por NGI; en este sentido, han sido estudiados algunos factores relacionados con la etapa y el estado fisiológico de los animales y su relación con el grado de parasitismo. El parto y la lactancia en las ovejas han demostrado ser un factor de riesgo al generar un alza en el grado de excreción de HPG de NGI (Rimbaud *et al.*, 2005). Otro factor de riesgo puede ser el destete, debido a que en ese momento los corderos generalmente muestran disminución de la inmunidad y tienden a presentar con mayor frecuencia e intensidad los signos clínicos derivados de las infecciones por NGI (Santamaría-Colonia *et al.*, 1995). La desparasitación de animales jóvenes en primera lactancia y animales con alta producción láctea puede resultar en tratar solo al 50-66% del total

de animales del rebaño, sin comprometer la producción de leche (Torres-Acosta *et al.*, 2009).

2.7.8.9 Desparasitación selectiva utilizando estrategias en conjunto

Estudios recientes han demostrado que la utilización de estrategias de desparasitación selectiva en conjunto permite obtener mayor eficacia y eficiencia en la reducción de los tratamientos AH. Se han reportado el uso de la combinación de estrategias de desparasitación selectiva como FAMACHA®, CC y el grado de diarrea (Ouzir *et al.*, 2011), FAMACHA®, HPG y grado de diarrea (Bentounsi *et al.*, 2012), CC, producción láctea y HPG (Gallidis *et al.*, 2009), FAMACHA®, HPG y producción láctea (Cringoli *et al.*, 2009), todas estas combinaciones han demostrado disminuir considerablemente la frecuencia de los tratamientos AH, así mismo actualmente se desarrollan sistemas de desparasitación selectiva integrales y desde un concepto holístico como el sistema denominado Five Point Check®, (cinco puntos de verificación) (Bath y Van Wyk, 2009) que permiten dirigir diferentes tratamientos AH para el control de diferentes tipos de parásitos. Este sistema propone tomar en cuenta indicadores como: nariz (secreción nasal, para parásitos que causan rinitis como larvas de *Oestrus ovis*), ojos (palidez de la mucosa palpebral para parásitos hematófagos), mandíbula (edema sub mandibular o mal de botella para parásitos hematófagos de infección crónica), dorso (para parásitos que causan pérdida de la condición corporal) y el grado de ensuciamiento de la cola (para parásitos que causan diarrea), los animales que presenten signos clínicos relacionados con estos indicadores reciben un tratamiento específico. El sistema presenta cierta complejidad, debido a que muchos animales de un rebaño, pueden presentar uno, o más signos clínicos referentes a cualquiera de los cinco puntos del sistema, en consecuencia la frecuencia y la proporción de los tratamientos AH pueden verse elevados; por dicha razón se ha propuesto que el criterio del técnico o productor es de absoluta relevancia al momento de decidir desparasitar a un animal y que es válido descartar uno o más indicadores del sistema o en su caso es igualmente valido agregar un indicador (Bath, 2013).

2.7.8.10 Estrategia de desparasitación selectiva dirigida utilizando el sistema FAMACHA®, CC y HPG

En Yucatán, México, se ha implementado una estrategia de desparasitación selectiva en la cual se utiliza en conjunto los sistemas FAMACHA®, CC y HPG. La estrategia se fundamenta en el hecho de que en el trópico de México los animales en producción bajo sistemas de pastoreo tienden a mostrar niveles de anemia y condición corporal bajos, que se deben no solo a un problema de parasitismo, sino más bien a insuficiente cantidad y calidad de la dieta y la constante actividad reproductiva, por lo que la anemia y la baja CC no necesariamente es provocada por una infección severa de parásitos y es posible que frecuentemente se encuentren animales con bajas calificaciones de FAMACHA®, baja CC, pero con bajas eliminaciones de HPG de NGI (Torres-Acosta *et al.*, 2001). Si estos animales fueran desparasitados sólo por su calificación FAMACHA® o solo por CC, se desparasitarían grandes cantidades de animales innecesariamente (Canul *et al.*, 2009). Con base en este fenómeno, se planteó la posibilidad de utilizar un sistema de desparasitación selectiva en el cual se tome una muestra de heces únicamente de los animales que se encuentran anémicos (FAMACHA® 4 o 5) o con baja CC (1 o 2), con la muestra se determina el HPG y solo se desparasita a los animales con HPG superior a 750. La estrategia reduce el número de animales muestreados y tratados hasta en un 54.4% (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Así mismo el sistema ha sido utilizado en pequeños rebaños de ovinos de subsistencia y en grandes rebaños comerciales, en los cuales se han encontrado reducciones de los tratamientos AH hasta en un 68.1% (González-Ruíz, 2012) y 76.4% (Soto-Barrientos, 2012).

Sin duda esta estrategia ha demostrado ser potencialmente sustentable y eficaz en la disminución de la dependencia de los tratamientos AH en rebaños de pequeños rumiantes del estado de Yucatán, sin embargo, los creadores de esta técnica, proponen que antes de establecer el sistema de desparasitación selectiva, es necesario evaluar su viabilidad bajo condiciones de producción y regiones geográficas diferentes a las del estado de Yucatán (Torres-Acosta *et al.*, 2014).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El estudio se realizó en rebaños pertenecientes a la región Centro, Sierra y Chontalpa del estado de Tabasco, México. Las unidades de producción incluidas en el trabajo se encuentran en un cuadrante entre las coordenadas 17°43'30"N-18°04'00"N y 92°48'30"W-93°10'00"W, todas a una distancia promedio de 45 Km de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. El clima predominantes en esta región es (Af) cálido húmedo, con lluvias todo el año, las precipitaciones registradas durante el periodo de estudio fueron de 270,15 mm, con un mínimo de 201 mm, en junio y un máximo de 345,6 mm, en septiembre. La temperatura promedio registrada fue de 27,7 °C (la mínima fue de 22,9°C y un máximo de 32,5 °C) (SMN, 2013). El trabajo se desarrolló en la temporada de lluvias (junio-noviembre del 2013).

3.2 Población objetivo

Para el estudio participaron cuatro ranchos productores de ovinos de tipo comercial, los cuales para ser incluidos debían contar con al menos 100 animales que pudieran ser mantenidos hasta el final del estudio. El sistema de producción usado en los ranchos era de pastoreo diurno y encierro nocturno, en el cual los animales pastorean de 8 a 10 horas en potreros cultivados principalmente con pastos como el Tanzania (*Panicum maximun cv. tanzania*), Estrella (*Cynodon plectostachyus*), Remolino (*Paspalum notatum*), Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) e Insurgente (*Brachiaria brizantha*).

Las características particulares del manejo zootécnico y sanitario se presentan en el Anexo 1. Todos los rebaños fueron diagnosticados previamente con la presencia de NGI multirresistentes a las tres principales familias de antihelmínticos (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2013).

Los animales objeto de estudio de cada rebaño fueron hembras mayores a 1 año de edad, en diferentes etapas reproductivas y de las razas Pelibuey y Black Belly, así como sus cruza.

3.3 Metodología

El trabajo se efectuó en dos etapas, en la primera se determinó la frecuencia y dispersión de la eliminación de huevos de nematodos gastrointestinales en heces de ovinos de los rebaños incluidos en el trabajo. Para la segunda etapa, en cada uno de estos rebaños se estableció y evaluó un programa de desparasitación selectiva dirigida (DSD), se determinaron factores de riesgo involucrados en el aumento de los tratamientos AH y se comparó la frecuencia y dispersión de la eliminación de huevos por gramo de heces de NGI antes y después del establecimiento de la DSD.

3.3.1 Primera etapa

3.3.1.1 Determinación de la frecuencia y dispersión del HPG, el grado de anemia y CC previo a la DSD

Se efectuó una visita a cada rancho, en la cual se inspeccionó individualmente a cada oveja, se obtuvieron muestras de heces directamente del recto para determinar la eliminación de huevos de NGI y se determinó el grado de coloración de la mucosa palpebral por medio del sistema FAMACHA®, así mismo se determinó el estado nutricional por medio de la escala de CC.

Fueron determinadas las relaciones entre los valores de HPG con los valores de FAMACHA® y CC. Los resultados obtenidos en la primera etapa sirvieron para establecer el programa de desparasitación selectiva dirigida en los rebaños participantes.

3.3.1.2 Determinación de valores de los indicadores FAMACHA© y CC

Por medio de palpación de la región lumbar y los espacios intercostales, se procedió a determinar el grado del desarrollo muscular y acumulación de tejido adiposo para asignar una calificación del grado de condición corporal; grados 1 al 5, de acuerdo a la escala descrita por Rusell (1991) (Anexo 2).

Se determinó el grado de la coloración de la mucosa palpebral realizando con los dedos una ligera presión en los párpados superior e inferior para exponer la mucosa palpebral, de acuerdo a su color se asignó una calificación del 1 al 5 de acuerdo a la tarjeta FAMACHA© (Van Wyk y Bath, 2002) (Anexo 3).

3.3.2 Segunda etapa

3.3.2.1 Establecimiento del programa de DSD

En cada rebaño se realizaron visitas cada 14 días, durante un periodo de seis meses (junio a noviembre). En cada visita se realizó una inspección individual a todas las ovejas para determinar el grado de la coloración de la mucosa palpebral por medio del sistema FAMACHA© y el grado de CC tomando la decisión de obtener una muestra de heces de acuerdo a los criterios que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Criterios de decisión para la toma de muestras de heces y las actividades realizadas de acuerdo a cada criterio (Torres-Acosta *et al.*, 2014).

Criterio	Valor de FAMACHA©	Valor de condición corporal (CC)	Actividad
I	1, 2, 3	mayor a 2	No se realizó muestreo de heces ni desparasitación.
II	1, 2, 3	CC 2 o menor	Se realizó muestreo de heces y se obtuvo el peso del animal.
III	4 y 5	-----	Se realizó muestreo de heces y se obtuvo el peso del animal.

De acuerdo con los criterios II y III del sistema de DSD y utilizando bolsas de polietileno, se procedió a tomar muestras de heces directamente del recto, las cuales fueron rotuladas con el número de identificación del animal. Las muestras fueron almacenadas en un contenedor de poliestireno con hielo para mantenerlas a una temperatura aproximada de 4° C hasta su procesamiento. De cada animal muestreado se obtuvo el peso, el cual fue determinado con ayuda de una báscula de resorte con capacidad mínima de 100 g y máxima de 100 Kg.

3.3.2.2 Procesamiento de muestras

Utilizando 2 gr de heces de cada una de las muestras obtenidas y una solución saturada con agua y azúcar común con densidad específica de 1.20, se determinó el número de huevos de NGI por gramo de heces mediante la técnica de McMaster modificada (Rodríguez-Vivas y Cop-Galera, 2005).

Con el objetivo de realizar un trabajo de mayor eficiencia y permitir realizar todas las actividades de la estrategia de DSD el mismo día de las visitas, las muestras de heces fueron procesadas en las instalaciones de cada rancho.

Cada dos meses se realizaron cultivos larvarios, los cuales se elaboraron con una combinación de técnicas, descritas por: Roberts and O' Sullivan (1949), técnica de cultivo en frasco (Liébano-Hernández, 2010) y migración larvaria de Baerman (Dinaburg, 1942) tomando como base proporcionar la temperatura y humedad necesarias para el desarrollo larvario pero buscando obtener cultivos más limpios y con mayor número de larvas. La identificación de los géneros de NGI presentes en los rebaños estudiados se realizó mediante las claves descritas por Van Wyk *et al.* (2004).

3.3.2.3 Desparasitación selectiva

Después de procesar las muestras y obtener el número de huevos por gramo de heces, se procedió a seleccionar a los animales que presentaron grados de excreción superior a 750 HPG. Tomando en cuenta los resultados de

multirresistencia antihelmíntica reportados por Herrera- Manzanilla *et al.* (2013) para los rebaños evaluados se decidió utilizar combinaciones de fármacos antiparasitarios, para lo cual se calculó la dosis de AH de acuerdo al peso de cada animal. Las combinaciones de AH fueron: L+I= levamisol (7.5 mg/Kg) e ivermectina (0.2 mg/Kg) y A+I= albendazol (5 mg/Kg) e ivermectina (0.2 mg/Kg). La efectividad de estas combinaciones se evaluó por medio de la técnica de reducción de HPG post tratamiento (F.E.C.R.T.) descrita por Coles *et al.* (2006). Los animales tratados fueron marcados por medio de sujetadores plásticos colocados en el arete de identificación para facilitar su localización en las visitas posteriores.

3.4 Análisis estadístico

Antes y después de establecer la estrategia de DSD, se determinó la prevalencia de animales con cuentas de HPG, el promedio de la excreción de HPG ($\pm$ desviación estándar) la mediana, el rango de excreción y la distribución de los valores de FAMACHA© y de CC mediante el Proc Univariate del SAS© 9.0, con este procedimiento también se calculó la asimetría o sesgo de la distribución del HPG con el fin de compararlas con el modelo de una distribución normal. Las relaciones de los valores de HPG con los valores de FAMACHA© y CC, fueron obtenidos mediante la obtención de correlaciones de Spearman y con el Proc Corr del SAS© 9.0.

Por medio de estadística descriptiva se obtuvieron los datos del número total de animales evaluados en la DSD, el número de eventos u observaciones que fueron muestreados (FAMACHA© 4 y 5 y CC 1), el número de eventos que requirieron ser desparasitados (HPG mayor a 750) y la proporción (%) de las frecuencias de desparasitación.

Elaborando tablas de contingencia y con ayuda del programa de cómputo para estudios epidemiológicos Win Episcopo 2.0 (Trusnfield *et al.*, 2001), se determinaron la sensibilidad, especificidad, valor predictivo (positivo y negativo) y el nivel de concordancia de los indicadores FAMACHA© y CC como prueba diagnóstica para detectar animales con HPG superior a 750; la técnica de McMaster fue utilizada como prueba de oro. Así mismo se obtuvieron las medidas de asociación: odds ratio

(OR) y riesgo relativo (RR) y medidas de impacto: fracción atribuible (FA), con los cuales se determinaron posibles factores de riesgo relacionados con la frecuencia de tratamientos AH de acuerdo a los factores: rancho (R1, R2, R3 y R4), etapa fisiológica (lactante, no lactante), presencia de anemia (FAMACHA®), condición corporal (1 al 5), raza (Pelibuey- Black Belly), mes (junio-noviembre). La interpretación de las medidas de asociación fue realizada de acuerdo a Jaramillo *et al.* (2010) de la siguiente manera:

- Valores <1 , indica que el efecto del factor es protector, su presencia evita los tratamientos AH.
- Valores >1 , indica que existe un factor de riesgo y su presencia aumenta el número y frecuencia de tratamientos AH.
- Valores $=1$, indica que no existe riesgo, el riesgo es el mismo con o sin la presencia del factor.

La evaluación de la efectividad de las combinaciones de AH se realizó mediante la prueba de reducción del número de HPG pos tratamiento (Coles *et al.*, 2006) y utilizando el programa RESO.exe (Wurstthorn y Martín, 1993), se obtuvo el porcentaje de reducción del HPG e intervalo de confianza al 95% 14 días pos tratamiento.

Realizando una transformación logarítmica ($\log 10$) se obtuvo normalización de la distribución de los datos de HPG y por medio de un análisis de varianza y prueba de Tukey para la comparación de medias; se determinaron diferencias en la prevalencia, distribución y dispersión de los valores de HPG antes y después del establecimiento de la estrategia de DSD.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Primera etapa

4.1.1 Distribución y dispersión del HPG previo al establecimiento del programa de DSD.

Los datos obtenidos de la primera etapa en el presente trabajo (Cuadro 3), muestran que en el momento de realizar el primer muestreo de heces, más de la mitad del total de los animales presentaron excreción de huevos de NGI. La distribución de los valores obtenidos de la excreción de HPG, mostró características de sobre dispersión lo cual fue indicado por el rango (0-7500) y el valor de asimetría (4.93), es decir, la mayoría de los animales fueron positivos a la excreción de HPG (53.11%), pero también una proporción considerable de animales son negativos a la excreción de huevos en heces (46.89%). Así mismo, es evidente que la mayoría de los animales positivos a la excreción de HPG mantenían eliminaciones bajas como lo indica el valor de la mediana (0), y únicamente una proporción baja de individuos (15.05%) se encontraban altamente parasitados con valores superiores a 750 HPG, tal como puede observarse en la Figura 2.

Cuadro 3. Porcentaje de ovejas con excreción de huevos de NGI, distribución y dispersión de la eliminación de HPG antes de implementar la DSD.

Rancho	N	Animales positivos a NGI (%)	Excreción promedio $\pm$ EEM	Mediana	Rango de HPG	Sesgo	% HPG > 750	% HPG > 1000
R1	107	67.29	690.2 $\pm$ 127.08	100	0-7000	2.92	25.00	19.60
R2	100	39.00	246.5 $\pm$ 39.42	100	0-2000	2.32	11.00	8.00
R3	119	52.10	230.7 $\pm$ 38.32	50	0-2100	2.71	9.20	5.00
R4	75	54.05	401.4 $\pm$ 112.95	50	0-7500	5.67	14.90	12.20
Total	401	53.11	300.4 $\pm$ 724.71	0	0-7500	4.93	15.05	11.20

La dinámica de los valores de excreción de huevos de NGI en los ovinos evaluados se ajustan a una distribución con modelo binominal negativo, este modelo de distribución ya ha sido estudiado en pequeños rumiantes y es una

característica particular en la epidemiología de las nematodiasis, tal como lo han reportado Sréter *et al.* (1994) y Barger, (1985).

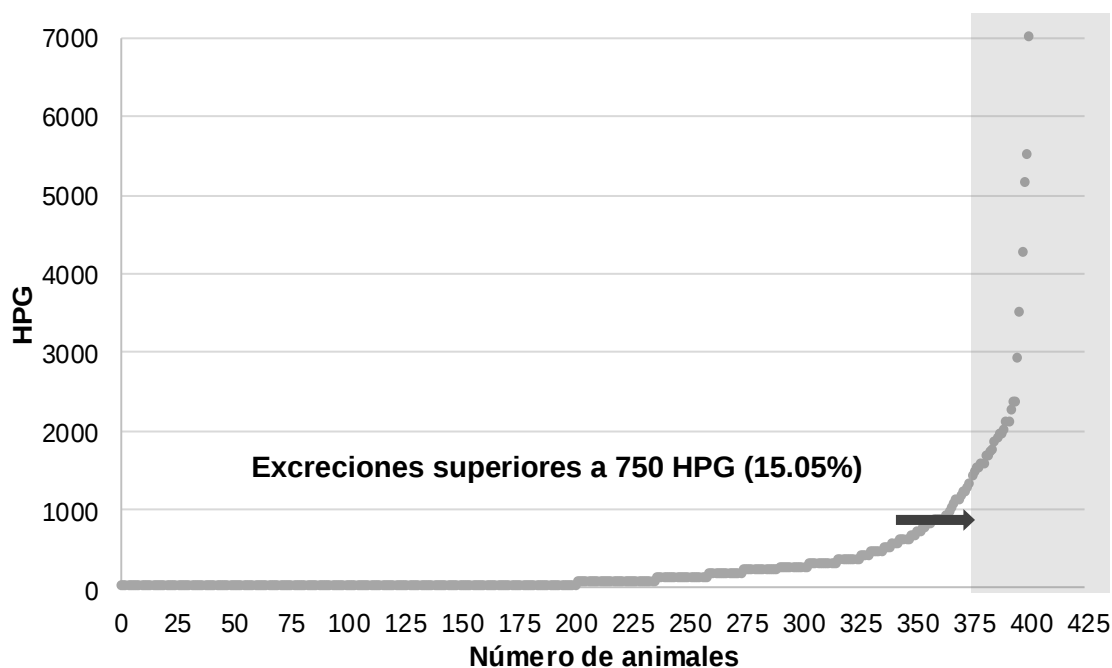


Figura 2. Dinámica de la excreción de HPG en las ovejas estudiadas previo a la DSD.

Hasta hace unos años, las estrategias de control de parásitos de pequeños rumiantes habían estado enfocadas en la administración de fármacos AH para desparasitar a todos los animales de un rebaño en varias ocasiones al año (Torres-Acosta *et al.*, 2009). Sin embargo desparasitar a todos los animales utilizando los fármacos AH de forma indiscriminada ha ocasionado la aparición del fenómeno de RA. Con base en esta problemática se han buscado alternativas de control de NGI, una de estas es la desparasitación selectiva, la cual toma como base la epidemiología de los NGI para desparasitar solo a los animales que presentan grados elevados de excreción de HPG.

La distribución y dispersión de las frecuencias de eliminación de HPG encontradas en este estudio son semejantes a las reportadas en otras regiones geográficas. Para ovinos y caprinos en condiciones climáticas de Colombia se ha reportado una frecuencia de 86.3% de los animales con excreción de HPG y un 15.7% de

animales con cuentas superiores a los 700 HPG (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2013). En el estado de Yucatán con clima cálido seco se han reportado en rebaños de cabras frecuencias de excreción de HPG del 90% y un 19.5% de las cabras con excreciones superiores a 500 huevos (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Este tipo de distribución ha permitido establecer estrategias de desparasitación selectiva en las que se identifican a los animales que presentan alto grado de excreción de HPG para que sean los únicos que reciban un tratamiento AH.

4.2 Segunda etapa

4.2.1 Variaciones de los valores FAMACHA® y CC en las ovejas estudiadas.

Cuando se emplea una estrategia de desparasitación selectiva, los animales con grado de excreción de HPG elevado son los únicos que deberían recibir tratamiento AH, ya que se espera que presenten baja productividad y ocasionalmente signos clínicos de enfermedad como diarrea, pérdida de peso y anemias que podrían llevarlos a la muerte. Sin embargo, en un rebaño la única manera de conocer el grado de excreción de HPG de los ovinos, es a través de pruebas de laboratorio. Esto significa que se deben muestrear a todos los animales para determinar el grado de excreción de HPG de cada animal, lo que resulta en una actividad laboriosa, que requiere de varias horas, personal capacitado y principalmente se convierte en una actividad poco económica (Torres-Acosta *et al.*, 2009). En busca de la eficiencia y la reducción de costos al implementar una estrategia de desparasitación selectiva, se han utilizado indicadores fisiológicos relacionados con signos clínicos de una enfermedad parasitaria, los cuales ayudan a identificar a los animales que probablemente se encuentran altamente parasitados para que únicamente estos reciban tratamiento AH. El inconveniente de utilizar indicadores fisiológicos como criterios de desparasitación selectiva, se encuentra en que estos indicadores no necesariamente están relacionados con un parasitismo elevado, por lo que la toma de decisiones de desparasitar tomando en cuenta un signo clínico podría llevar a tratamientos errados e innecesarios tal y como lo han mencionado Canul-Ku *et al.* (2009).

Las estrategias de desparasitación selectiva que se implementan actualmente en ovinos toman como criterio muestrear a los animales que presentan un signo clínico y desparasitar en base a la determinación del HPG por medio de pruebas de laboratorio, permitiendo así reducir el número de animales muestreados y desparasitar a los animales que con certeza presentan grados elevados de HPG (Ouzir *et al.*, 2011; Bentounsi *et al.*, 2012; Gallidis *et al.*, 2009). Por lo cual la distribución de los indicadores fisiológicos juega un papel importante en las estrategias de desparasitación selectiva. En los rebaños de ovinos evaluados, se detectó que la mayoría de los animales muestreados tenían calificaciones bajas de CC, así también el número de animales muestreados por la presencia de anemia fue bajo, estos resultados pueden observarse en la Figura 3.

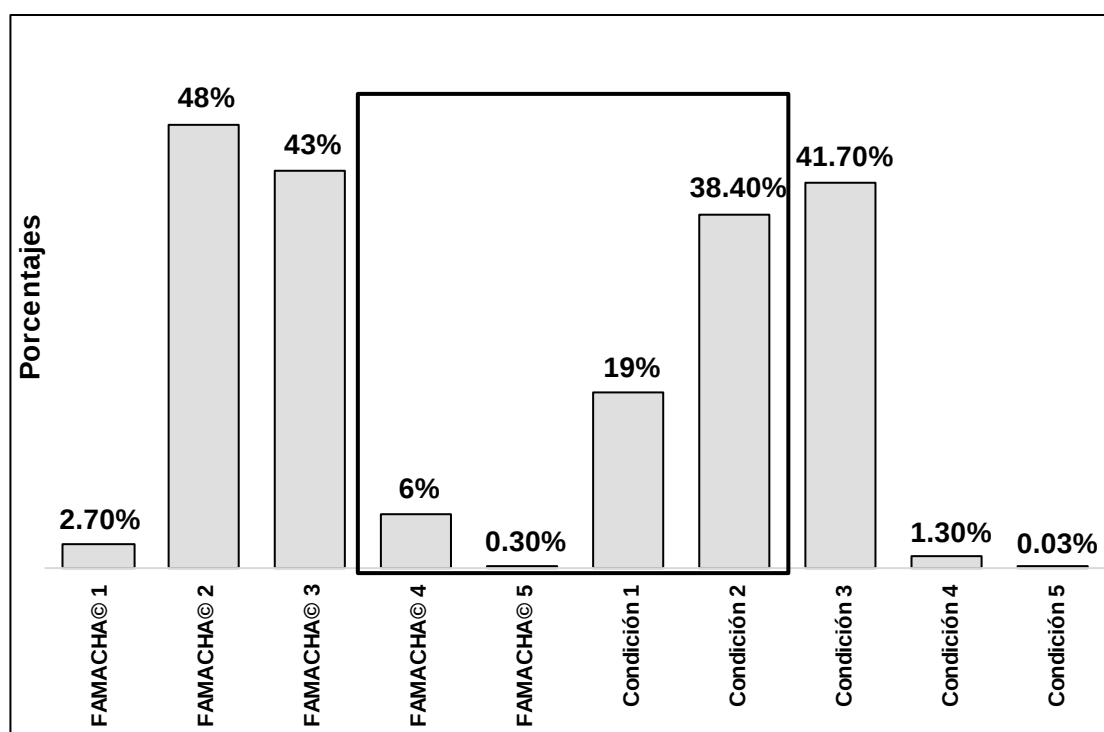


Figura 3. Distribución de los valores FAMACHA© y CC en las ovejas en DSD.

Se puede observar que en todos los animales evaluados la baja condición corporal se presentó en mayor proporción (57.4%) a diferencia de la anemia que se presentó en una proporción baja (6.3%). Los fenómenos de la presencia de anemia y baja condición corporal encontrados en este estudio son similares en los rebaños de ovinos de otros estados del trópico de México, y ha sido reportado en

rebaños de cabras del trópico seco de Yucatán (Torres-Acosta *et al.*, 2014), en el mismo estado también se ha detectado que los ovinos presentan la misma característica de baja condición corporal y el problema se ha reportado en ovinos de sistemas de producción de subsistencia (González-Ruíz, 2012), así como en rebaños de tipo comercial (Soto-Barrientos, 2012). La misma situación se presenta en ovinos del estado de Chiapas y el fenómeno ha sido reportado recientemente en ovinos de lana de la región Tzotzil Tzeltal (Escobar-Megchún, 2014) y en rebaños de ovinos de pelo de la región Metropolitana del estado (Chávez-Mena, 2013).

Se ha señalado que en los rebaños de ovinos de las regiones tropicales los animales dependen del pastoreo como principal fuente de alimentación y muchas veces la calidad y cantidad de los forrajes no cubre con las necesidades nutricionales de las ovejas, aunado a lo anterior la continua actividad reproductiva ocasiona que las ovejas mantengan niveles de condición corporal por debajo del nivel 3 y muchas veces también presentan anemia por una mala alimentación (Torres-Acosta *et al.*, 2009). Así mismo se ha señalado que la presencia de múltiples enfermedades ajenas a las nematodiasis y que se han considerado causantes del “síndrome de la oveja flaca” pueden provocar que los animales presenten pérdida progresiva de la condición corporal y/o anemia (Peralta-Lailson, 2014).

4.2.2 Uso de los indicadores FAMACHA®, CC y la combinación de ambos para la detección de animales con HPG ≥ 750 .

En general en todos los rebaños evaluados se observó un valor promedio del grado de condición corporal igual a 2.2, y en rebaños en los cuales existían densidades altas de animales, con pastoreo continuo en una sola pradera y no se proporcionaba suplementación se presentaron valores mínimos de 1.8. Los valores máximos de 2.6 fueron observados en los rebaños en los cuales se realizaban rotación de potreros y proporcionaban suplementación alimenticia a sus ovejas, estos datos pueden observarse en el Cuadro 4 y las características particulares de cada rebaño pueden ser consultadas en el Anexo 1.

Cuadro 4. Distribución y promedios de los valores de FAMACHA© y CC, así como el coeficiente de correlación con el HPG.

Rancho	FAMACHA©				Condición corporal			
	Valor 4 y 5	Valor 1, 2 y 3	Promedio	Correlación* FAMACHA©-HPG	Valor 1 y 2	Valor 3, 4 y 5	Promedio	Correlación* CC-HPG
R1	248	1729	2.8	r=0.23 (P<0.0001)	1681	296	1.8	r=-0.13 (P<0.0001)
R2	33	1520	2.3	r=0.08 (P 0.743)	486	1067	2.6	-0.09 (P 0.0114)
R3	11	1140	2.3	r=0.12 (P 0.0089)	431	720	2.5	r=-0.096 (P 0.044)
R4	48	627	2.5	r=0.17 (P 0.0003)	452	223	2.1	r= -0.23 (P <0.0001)
Total	340	5016	2.4	r=0.21 (P <0.0001)	3050	2306	2.2	r=-0.17 (P <0.0001)

*Coeficiente de correlación de Spearman (0.05%)

Estos resultados dejan en claro que la CC no es un indicador efectivo del grado de parasitismo ya que existe una relación muy baja entre los valores de CC y el grado de excreción de HPG. Los análisis de correlación lo confirmaron al determinar que existe una relación negativa con coeficiente de correlación bajo entre los valores de HPG y CC ($r=-0.17$, $P<0.0001$) por lo cual, resulta lógico asumir que los animales con baja CC no necesariamente se encuentran parasitados. Por su parte, la relación determinada en el estudio entre los valores de HPG y los valores de FAMACHA©, también indican que existe una asociación baja entre estos valores ($r=0.21$, $P<0.0001$) por lo tanto FAMACHA© tampoco es un indicador efectivo en la detección del parasitismo de los ovinos.

El Cuadro 5, muestra los valores de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo y concordancias de los valores 4 y 5 de FAMACHA©, los valores 1 y 2 de CC y el criterio de selección de la estrategia de DSD (FAMACHA©+CC) para detectar las ovejas con excreciones de HPG ≥ 750 .

Cuadro 5. Evaluación de la eficacia de FAMACHA©, CC y el criterio de selección de la estrategia de DSD (FAMACHA©+CC) para identificar animales con HPG ≥ 750 .

Indicador	FAMACHA© 4 y 5	Condición corporal 1 y 2	Criterio de selección (FAMACHA©+CC)
Sensibilidad %	24.81 (21.5-28.11)	98.34 (97.37-99.31)	42.97 (38.62-47.32)
Especificidad %	88.63 (87.03-90.22)	48.88 (47.45-50.31)	99.95 (99.87-100)
Valor predictivo (+) %	48.51 (43.16-53.85)	21.41 (19.96-22.86)	99.53 (98.62-100)
Valor predictivo (-) %	73.19 (71.17-75.21)	99.52 (99.24-99.80)	88.96 (87.75-90.17)
Concordancia (S+E)-1 Índice J de Youden	0.13 (0.097-0.171)	0.47 (0.45-0.48)	0.42 (0.38-0.47)

La sensibilidad de FAMACHA© para detectar las ovejas con HPG ≥ 750 fue baja 24.81% (21.5%-28.11%). Mientras tanto, la especificidad fue alta 88.63% (87.03%-90.22%). Como resultado, la concordancia entre FAMACHA© y HPG > 750 fue baja 0.13 (0.097-0.17).

Contrariamente a esto último, la sensibilidad de CC para detectar ovejas con ≥ 750 HPG fue alta 98.34% (97.37-99.31%) y superior al valor obtenido por FAMACHA©. Mientras tanto, la especificidad presentó un valor bajo de 48.88% (47.45%-50.31%) e inferior al valor obtenido con FAMACHA©. Por lo tanto, la concordancia entre CC y HPG ≥ 750 fue media con un valor de 0.47 (0.45-0.48).

En el caso del criterio de selección (FAMACHA©+CC), la sensibilidad fue muy baja para detectar animales con HPG ≥ 750 y presentó un valor de 42.97% (38.62%-47.32%), este valor es inferior al obtenido con CC y es superior al valor obtenido con FAMACHA©. La especificidad del criterio de selección fue muy alto, presentando un valor de 99.95% (99.87%-100%), con este valor superó a FAMACHA© y CC. Como resultado, la concordancia entre el criterio de selección (FAMACHA©+CC) y HPG ≥ 750 obtuvo un valor medio de 0.42 (0.38-0.47).

Es evidente que FAMACHA©, CC y el criterio de selección (FAMACHA© +CC) no son lo suficientemente buenos para predecir qué ovejas tienen una excreción de huevos de NGI ≥ 750 HPG. Por lo tanto, el examen fecal sigue siendo esencial para identificar a los animales con infecciones significativas de NGI. Sin embargo, es importante considerar que el criterio de selección (FAMACHA©+CC) mostró alta especificidad, por lo cual la utilización de este criterio permite no muestrear a los animales que presentan excreciones inferiores a 750 HPG y que en consecuencia no requieren de un tratamiento AH. Reportes similares de Yucatán, México, indican que FAMACHA© presenta 49,07% de sensibilidad y 94.22% de especificidad en la detección de animales con HPG ≥ 750 (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Así mismo Ouzir *et al.* (2011) reportaron que CC no es un indicador confiable en la detección de animales con alta excreción de HPG y que FAMACHA© detecta correctamente hasta el 85% de los animales con "altas" excreciones de HPG, sin embargo, los autores consideran como excreciones altas valores de HPG ≥ 200 y este valor es muy bajo para los rebaños de Tabasco, por lo cual los resultados no coinciden con los encontrados en el presente trabajo.

4.2.3 Evaluación de la estrategia de DSD.

Los resultados de la evaluación de la estrategia de DSD en los cuatro rebaños de ovejas comerciales se muestran en el Cuadro 6, el número total de eventos variaron de 1977 en el R1 a 675 en el R4. De acuerdo con los criterios utilizados para la DSD, se realizaron muestreos de heces en el 41.80% de los eventos totales (desde 28.10% en el R2 a 61.60% en el R4). Más de la mitad del total de los animales no presentaron anemia y presentaron valores de condición corporal superiores a 3, estos animales podrían tener una infección con NGI, sin embargo, su salud y productividad no se encontraban comprometidas en el momento de la inspección. La mayor proporción de estos eventos mostraron baja CC (2215 observaciones), y para el caso de los animales muestreados de acuerdo a FAMACHA©, estos representaron una proporción menor (338 observaciones).

Los eventos que requirieron ser tratados representaron una proporción del 12% (647 observaciones) del total de los eventos registrados, presentándose una variación de los animales desparasitados de 22.50% en el R4 a 5.10% en el R2.

Cuadro 6. Total de eventos registrados por rancho, número y porcentaje de los valores de FAMACHA®, CC, eventos muestreados y eventos tratados.

Rancho	Total de Eventos	Eventos FAMACHA® 4 o 5	Eventos CC 1 o 2	Eventos Muestreados	Eventos Tratados
R1	1977	247 (12.50%)	934 (47.20%)	950 (48.10%)	327 (16.50%)
R2	1553	33 (2.10%)	435 (28.0%)	436 (28.10%)	79 (5.10%)
R3	1151	11 (0.90%)	431 (37.40%)	439 (38.10%)	89 (7.70%)
R4	675	46 (6.80%)	415 (61.40%)	416 (61.60%)	152 (22.50%)
Total	5354	338 (6.30%)	2215 (41.30%)	2241 (41.80%)	647 (12.10%)

Con base en la estrategia de muestreo únicamente de animales con anemia y baja condición corporal y tratamiento selectivo a los individuos con HPG $\geq$ 750, se logró mantener una proporción del 65.50% de animales sin recibir tratamiento AH durante seis meses (Cuadro 7).

Cuadro 7. Número de individuos estudiados de cada rancho y distribución del porcentaje de animales por tratamientos requeridos.

Rancho	Animales en DSD	Proporción (%) de la frecuencia del número de tratamientos					
		No tratados	1	2	3	4	>4
R1	335	53.10%	21.80%	11.00%	7.40%	3.90%	2.70%
R2	293	80.50%	13.90%	3.40%	2.00%	0%	0%
R3	259	75.30%	16.20%	6.90%	1.50%	0%	0%
R4	94	36.20%	20.20%	14.90%	10.60%	8.50%	9.60%
Total	981	65.50%	17.80%	8.00%	4.50%	2.10%	1.80%

En cuanto a los animales tratados, estos representaron una proporción del 34.50% del total de animales. Se observó que un porcentaje de ovejas del 17.80% requirieron ser tratados en una ocasión, en dos ocasiones fueron tratados el 8 %, en tres ocasiones el 4.50% y únicamente en los rebaños R1 y R4 el 3.90% del total de los animales recibieron tratamiento AH en cuatro o más ocasiones. Esto indica que la estrategia de DSD en forma general permite reducir el número y frecuencia de animales muestreados y tratados durante seis meses de estudio, sin que la salud y productividad de los animales se vea comprometida. Los efectos involucrados en las diferencias en la proporción de la frecuencia y número de los tratamientos AH serán discutidos a continuación.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la estrategia de DSD son similares a los reportados en el estado de Yucatán en donde igualmente se han obtenido resultados favorables en la disminución de las desparasitaciones, Torres-Acosta *et al.* (2014), mencionan que en rebaños de caprinos se ha logrado mantener una proporción del 57.40% de animales sin tratamiento AH. En el mismo estado pero en pequeños rebaños de ovinos de subsistencia se ha reportado reducción de los tratamientos hasta en un 68.10% (González-Ruíz, 2012) y para grandes rebaños comerciales se han encontrado reducciones de los tratamientos AH hasta en un 76.40% (Soto-Barrientos, 2012). Los resultados de los trabajos anteriormente citados, sugieren que es posible utilizar DSD en los rebaños del trópico de Yucatán, sin embargo, esta estrategia de DSD también ha demostrado eficacia en el estado de Chiapas, en el cual se han reportado para el caso de sistemas de producción comercial de ovinos de la raza Pelibuey disminución en el número de las desparasitaciones en un rango del 99-87% (Chávez-Mena, 2013); así mismo, en la región del los Altos Tzotzil Tzeltal evaluando rebaños de ovinos Chiapas se han obtenido reducciones del 23-74% en los tratamientos AH (Escobar-Megchún, 2014).

Todos estos resultados demuestran la eficacia de la DSD, sin embargo, los mejores resultados de estas estrategias no consisten únicamente en la disminución del número de desparasitaciones. En los últimos años se ha

mencionado que la importancia de la desparasitación selectiva se centra en que permite mantener poblaciones de NGI en refugio; con lo cual se evita la presión de selección y que los parásitos manifiesten, generen y transmitan los genes de resistencia, con lo cual se conserva la efectividad y susceptibilidad a los fármacos AH (Besier, 2011; Jackson *et al.*, 2009; Van Wyk, 2001), además de ser una herramienta con la que se permite identificar a los animales que manifiesten características genéticas de resistencia o susceptibilidad a las nematodiasis.

4.2.4 Variaciones del grado de eliminación de HPG en las ovejas estudiadas.

Los animales evaluados presentaron variaciones en la excreción de HPG y fue posible establecer variaciones en las frecuencias de animales que nunca fueron muestreados, los que presentaron valores de 0 HPG, animales con HPG <750 y los animales tratados con HPG >750 (Figura 4).

Los resultados de este estudio referentes a la variación de indicadores fisiológicos (HPG, FAMACHA© y CC) así como la frecuencia de las desparasitaciones permitieron indirectamente identificar a los animales susceptibles, resistentes y resilientes a las nematodiasis. En este sentido es importante mencionar que existió una proporción de animales que requirieron ser tratados en más de cinco ocasiones; esta población de animales presentó altas excreciones de HPG en varias ocasiones indicando en primera instancia que presentan mayor susceptibilidad a las nematodiasis, y además los tratamientos consecutivos evidencian que estos animales se encuentran parasitados con cepas de NGI con elevada resistencia antihelmíntica, por lo cual ante reiterados tratamientos AH continuaron eliminando valores superiores a 750 HPG, lo cual concuerda con lo encontrado por Herrera-Manzanilla *et al.* (2013), quienes trabajando previamente en los mismos rebaños, determinaron la presencia de cepas de NGI con multirresistencia antihelmíntica; por cual en las ovejas evaluadas en el presente estudio el valor de CC y el grado de anemia no mejoraron aún después de ser desparasitados en varias ocasiones.

Se encontró una proporción de animales susceptibles que a pesar de que fueron muestreados, ya sea por la presencia de anemia y/o baja CC en varias ocasiones, jamás requirieron ser desparasitados ya que presentaron valores de HPG inferiores a 750. Existió una proporción de ovejas que fueron muestreadas consecutivamente y no presentaron excreciones de HPG por lo cual podría esperarse que éstos animales tengan características de “resistentes” a los NGI y que su estado de baja CC y/o anemia se deba a otros factores, como lo indican Torres-Acosta *et al.* (2009) y Peralta-Lailson (2014).

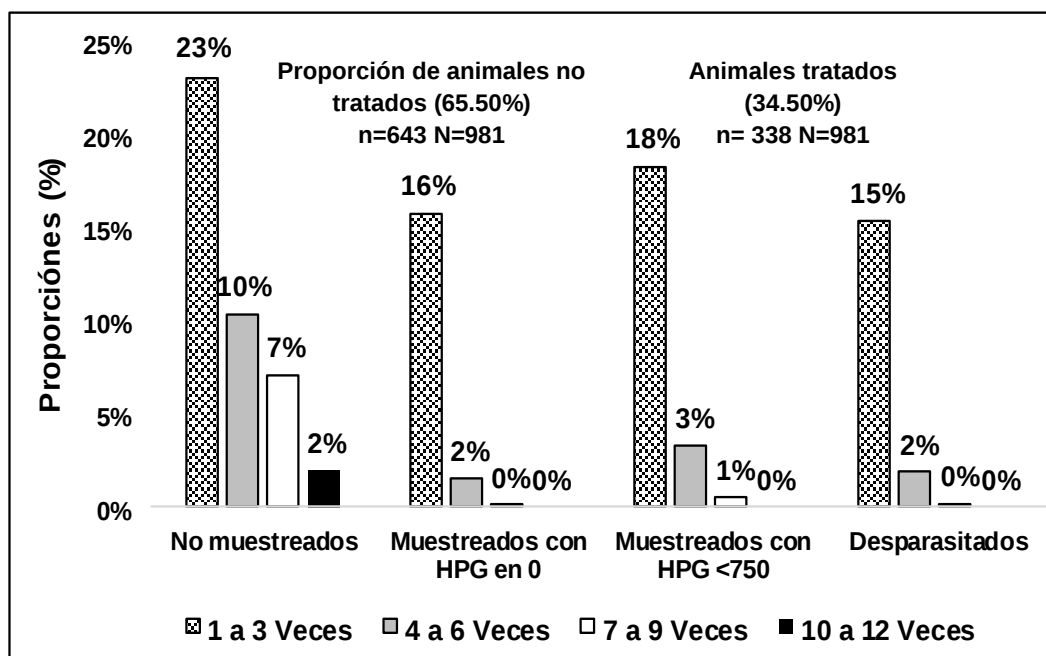


Figura 4. Frecuencias y variación de los valores de HPG en las ovejas en DSD.

Del mismo modo se observó que una proporción del 42% de la población de animales siempre mantienen valores de CC superiores a tres y no presentan anemia por lo cual jamás fueron muestreados; no obstante al realizar el muestreo final presentaron excreciones altas de HPG, indicando que estos animales probablemente sean resilientes a las nematodiasis, lo anterior coincide con lo reportado por Morteo *et al.* (2004) quienes indican esta variación fenotípica en ovinos de raza Pelibuey. Los resultados observados de la variación fenotípica de los animales evaluados, puede permitir realizar nuevos trabajos en los cuales se comience a realizar selección genética.

4.2.5 Factores de riesgo y diferencias en el número y frecuencia de las desparasitaciones.

En el Cuadro 8, se presentan los factores de riesgo involucrados en el aumento del número y frecuencia de los tratamientos AH, así mismo se presentan los valores de Odds ratio o razón de momios (OR), el cual indica la probabilidad de recibir un tratamiento AH ante la presencia de un factor de riesgo; el riesgo relativo (RR), indica cuantas veces más pueden ser desparasitados los animales expuestos al factor de riesgo comparado con los no expuestos; la fracción atribuible (FA), es el porcentaje de animales desparasitados que estaban expuestos al factor de riesgo y el sesgo indica la confiabilidad de los datos de acuerdo a su distribución y naturaleza.

Cuadro 8. Medidas de asociación, de impacto y factores involucrados en el aumento en el número de animales desparasitados.

Efecto	Odss ratio OR* (IC 95%)	Riesgo Relativo RR* (IC 95%)	Fracción atribuible FA (%)	Sesgo	Factor de Riesgo
FAMACHA©	8.5 (6.75-10.7)	4.8 (4.26-5.62)	37%	3.62	FAMACHA© 4 y 5 (Anemia)
Condición corporal	161.9 (60.4-433)	126 (47.3-337)	22%	35.6	CC 1 y 2
Rancho	5.94 (4.45-7.91)	2.62 (2.32-2.93)	19%	3.32	R4
Mes	2 (1.44-2.77)	1.62 (1.29-2)	38%	0.15	Octubre (340 mm-28.8 °C)
Raza	2.12 (1.67-2.69)	1.88 (1.56-2.27)	10%	0.24	Black Belly
Estado fisiológico	3.30 (2.70-4.03)	2.67 (2.29-3.11)	17%	0.63	Lactantes

En cuanto a los efectos involucrados en el aumento del número de ovejas desparasitadas, las medidas de asociación y de impacto permitieron determinar los posibles factores involucrados en el aumento de los tratamientos AH. Los animales con anemia detectada por el sistema FAMACHA© con grado 4 y 5, tuvieron 8.5 veces más probabilidades de recibir un tratamiento AH comparado con los animales que no presentaron anemia (FAMACHA© 1, 2 o 3) (IC 95%=6.75-10.7).

Así mismo el valor del FA, indicó que el riesgo de presentar mayor número de animales tratados pudo ser atribuido en un 37% a la presencia de anemia.

Los animales con baja condición corporal tuvieron 161.9 más probabilidades de recibir un tratamiento AH comparado con animales con CC superior a 3 (IC 95%=60.4-433). El valor del FA, indicó que el riesgo de presentar mayor número de animales tratados pudo ser atribuido en un 22% a la presencia de animales con baja CC, sin embargo el sesgo en los datos de CC indica que no es un indicador confiable.

El rancho en el que se observó la proporción más alta de animales tratados fue el R4 (63.80%) y la probabilidad de que sus ovejas fueran desparasitadas fue de 5.94 a 1.6 veces mayor si es comparado con cualquiera de los demás ranchos (IC 95%=4.45-7.91), en este rancho cerca del 60% de los animales estudiados fueron introducidos tres meses antes de comenzar el estudio y eran provenientes de rebaños de registro, en sistemas de producción estabulados del estado de Jalisco, México, en consecuencia estos animales al ser trasladados a condiciones climáticas diferentes y sometidos a pastoreo disminuyeron gradualmente de CC. Estas condiciones pudieron permitir que las ovejas no contaran con una respuesta inmunitaria suficiente para hacer frente a las infecciones de NGI, por lo cual en este rebaño se presentó la mayor proporción de animales tratados.

En el R1 se observó una proporción de animales tratados del 46.90% y la probabilidad de que sus animales fueran tratados fue de 3.6 a 2.3 veces mayor si es comparado con el R2 y el R3 (IC 95%=1.84-4.77). En este rebaño la alta densidad de animales en pastoreo continuo en una sola pradera y la falta de suplementación alimenticia pudo ser el factor por el cual se presentó la segunda proporción más alta de animales tratados.

En el R3 se observaron animales tratados en una proporción moderada (24.70%). En este rancho se realizan prácticas de rotación de potreros y además proporcionan suplemento alimenticio a sus ovejas. Las características de manejo

de este rancho permiten tener un efecto protector a los tratamientos AH indicado por el valor de $OR=0.26$ (IC 94%=0.19-0.34) comparado con el R4 y $OR=0.42$ (IC 95%=0.33-0.54) comparado con el R1, sin embargo la probabilidad de que sus animales fueran desparasitados fue 1.5 veces mayor comparada con el R2 (IC 95%=1.14-2.13).

En el rancho R2 se observó la proporción más baja de eventos y animales tratados (19.50%), este resultado en la disminución de los tratamientos se debe principalmente a que la calidad de la alimentación de los animales del R2 se basa en alimento concentrado, así mismo este rebaño se estaba preparando para la transformación a un sistema de estabulación total en el cual los animales ya no pastoreaban y con lo cual se evita que las ovejas tengan contacto con las larvas infectantes de NGI, por lo cual el R2 obtuvo un efecto protector a los tratamientos AH comparado con los otros tres ranchos, obteniendo un valor de OR de 0.01 a 0.64 (IC 95% de 0.01-0.87).

En general las diferencias detectadas entre ranchos en cuanto al número de animales desparasitados, se debió principalmente a la frecuencia de ovejas con baja condición corporal. Los ranchos que presentaron menor promedio en la CC, presentaron un mayor número de animales desparasitados. Diferente a esto, en los rebaños en los que se proporcionaba suplementación a las ovejas el número de desparasitaciones fue menor, este fenómeno ha sido estudiado y se ha demostrado que el estado nutricional de los animales es un factor importante en el grado de parasitismo individual (Luna-Palomera *et al.*, 2010; Louvandini *et al.*, 2006).

En la Figura 5, puede observarse que durante el periodo de estudio, existieron variaciones en la proporción de animales muestreados y tratados por rancho y por mes y es evidente que esta proporción muestra una tendencia a la disminución por cada mes de evaluación.

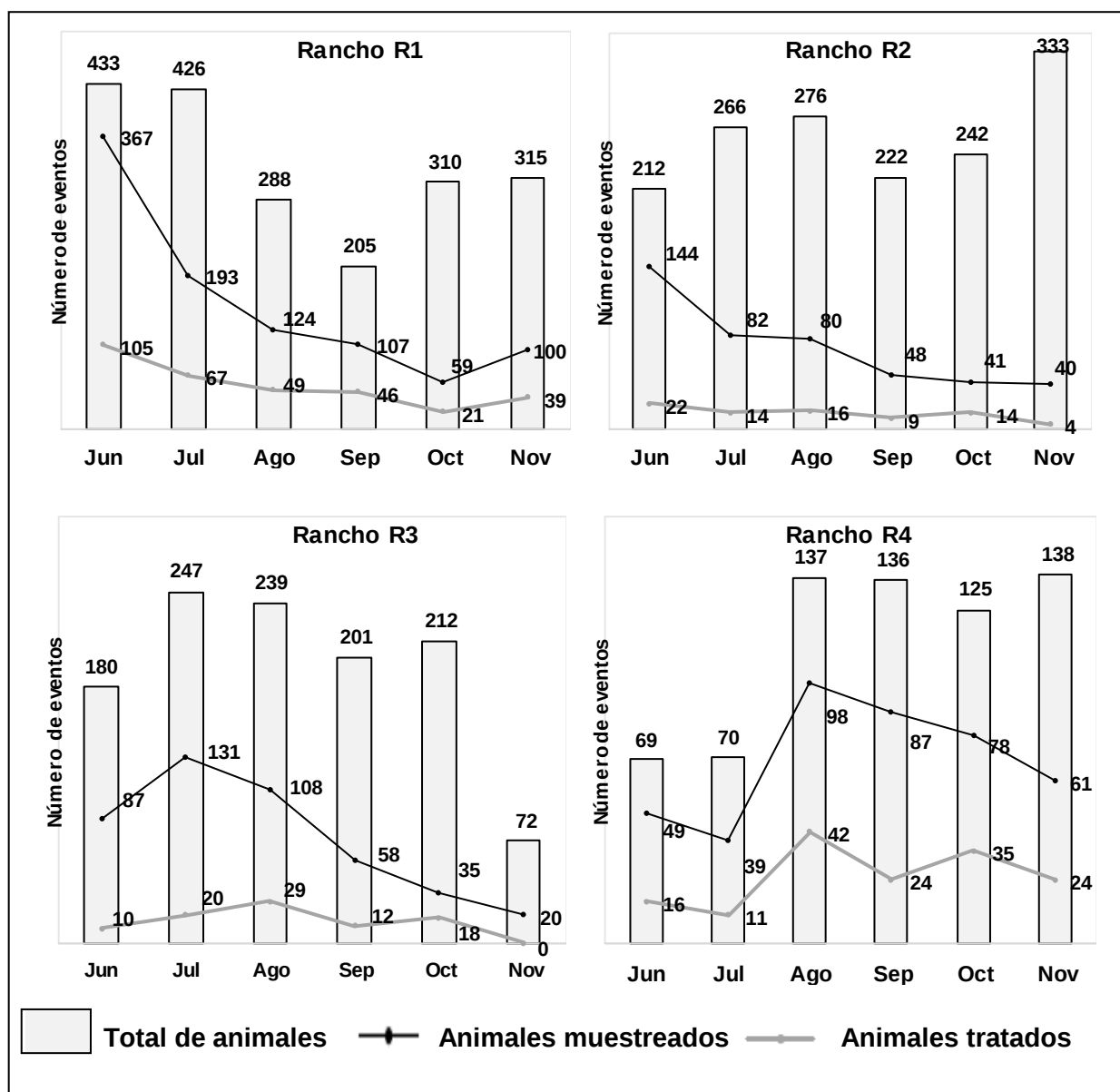


Figura 5. Número de animales muestreados, tratados y total de animales por mes en cada rebaño evaluado.

Otro factor que probablemente esté involucrado en la disminución de los tratamientos AH, es el manejo de los animales, en el R3 se realizaba rotación de potreros, estrategia que ha demostrado disminuir considerablemente el grado de infectividad de las praderas (Carrión, 2006) además en este mismo rancho las hembras gestantes y en lactación son separadas del resto del rebaño y mantenidas en potreros anexos y son incluidas nuevamente al rebaño hasta el destete. Con ese manejo se evita que el fenómeno del alza periparto aumente el

número de HPG en las praderas, el potencial de infección con L3 y mantiene fuera de riesgo al resto del rebaño (Rimbaud *et al.*, 2005).

El mes también fue considerado como una condición importante en el aumento en el grado de excreción de HPG. En todos los ranchos en el mes de octubre se presentó un aumento en el grado de excreción de huevos de todos los animales muestreados, en consecuencia fue el mes en el cual aumentó el riesgo de desparasitar a los animales (OR=2, IC 95 %=1.44-2.77), estos resultados pueden observarse en la Figura 6. Ante este factor de riesgo, es importante considerar que el aumento de la temperatura y precipitación pluvial pueden favorecer a que los meses de estudios sean considerados un factor de riesgo en el aumento de los tratamientos AH.

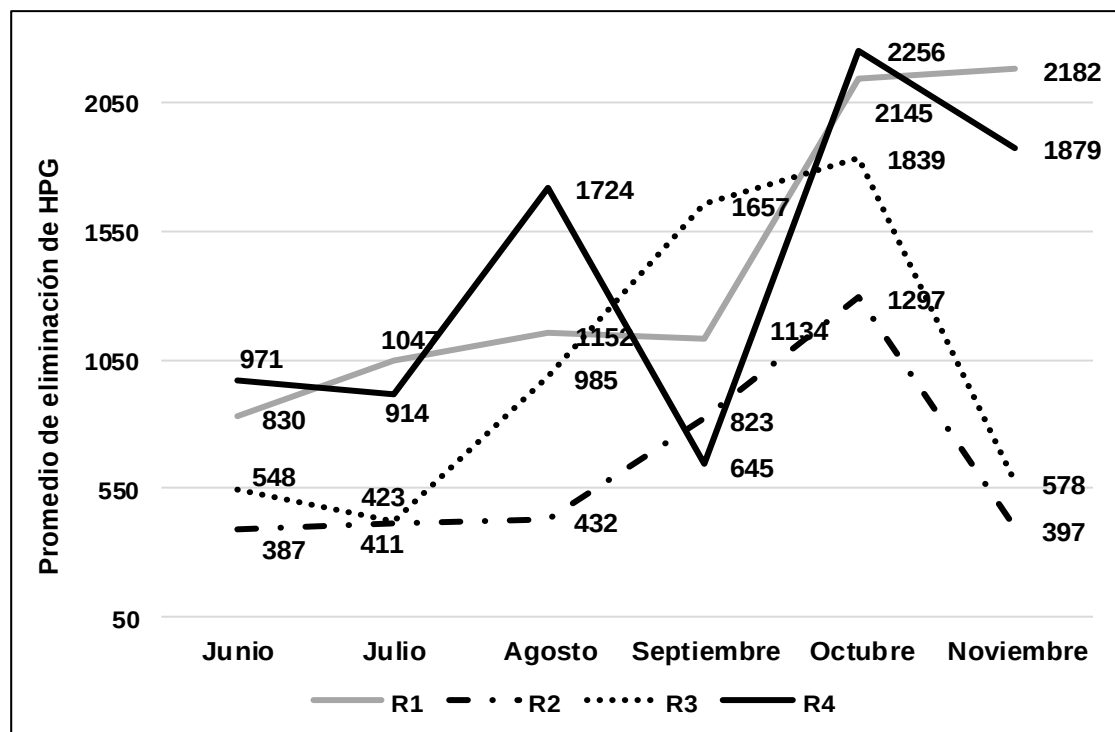


Figura 6. Dinámica del HPG de los animales muestreados por mes y por rancho.

En la región estudiada a partir del mes de septiembre comenzó a registrarse un aumento de la precipitación pluvial y una disminución de la temperatura tal como puede observarse en la Figura 7. El cambio registrado en estas variables

meteorológicas probablemente se encuentra involucrada en el aumento en la excreción del número de HPG y el número de animales desparasitados observados en el mes de octubre; mes en el cual se registraron promedios de 340 mm en la precipitación pluvial y 28.8 °C de temperatura, según los datos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la proximidad de los rebaños evaluados (SMN, 2013).

Este fenómeno se debe a que las condiciones de humedad y temperatura son favorables para la eclosión y desarrollo de las larvas hasta llegar a L3 y en consecuencia aumentan el potencial de infectividad de las praderas, como mencionan Hansen y Perry (1994) y Santamaría-Colonia *et al.* (1995).

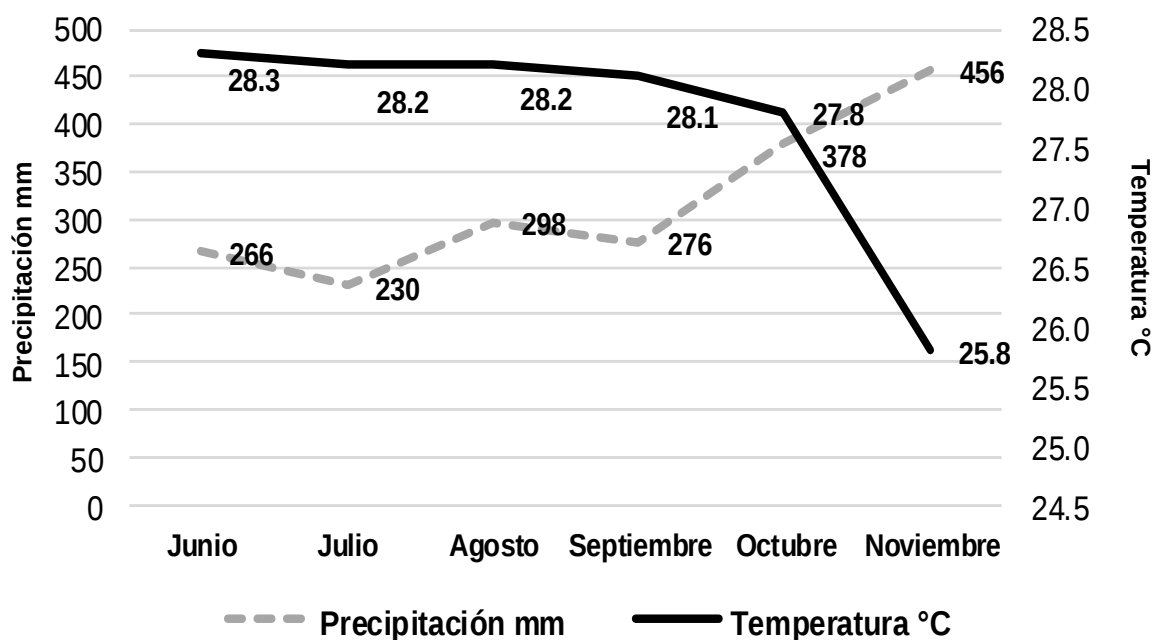


Figura 7. Comportamiento de la precipitación y temperatura registradas durante el periodo de estudio.

Se observó que las ovejas de raza Black Belly, presentaron mayor riesgo de requerir un tratamiento AH, manifestaron 2.12 más probabilidades de ser desparasitadas que las ovejas de raza Pelibuey (IC 95%=1.67-2.69), encontrando que de acuerdo con el valor de riesgo atribuible, el 10% de los tratamientos AH se debió al efecto de la raza. Sin embargo, diferente a los resultados antes

mencionados, Yazwinski *et al.* (1980), observaron que las ovejas de raza Black Belly presentan resistencia a los NGI. Ante esta contradicción, es importante considerar que se ha mencionado que las ovejas de raza Black Belly presentan una constante actividad reproductiva y mayor prolificidad (Torres-Acosta *et al.*, 2009), este factor reproductivo ocasiona que las ovejas estudiadas mantuvieran valores bajos de CC con promedio de 2.3, en consecuencia en este estudio las ovejas Black Belly presentaron mayor probabilidad de ser muestreadas comparadas con las ovejas raza Pelibuey (OR=2.12, IC 95%=1.67-2.69); sin embargo las ovejas Black Belly presentaron promedios más altos del HPG, indicando que probablemente pueden tolerar una mayor carga de NGI. Estos resultados pueden observarse en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Promedios de los valores de HPG, condición corporal y FAMACHA® de acuerdo a la raza y el estado fisiológico.

Promedios	Raza		Estado fisiológico	
	Black Belly	Pelibuey	Lactante	No lactante
HPG	1650	1050	1450	1100
CC	2.03	2.31	2.15	2.26
FAMACHA®	2.26	2.53	2.55	2.33

Tal como se observa en el Cuadro 9, el estado fisiológico de las ovejas, también jugó un papel importante en el riesgo de aumento en el número de animales tratados. Las ovejas que se encontraban lactando, tuvieron 3.3 más posibilidades de ser desparasitadas, comparándolas con las ovejas que no se encontraban lactando (IC 95%=2.70-4.03) y el valor del riesgo atribuible indica que el 17% de los casos de animales tratados se debió al estado fisiológico. Estos resultados pueden deberse al fenómeno denominado como alza periparto, en el cual las ovejas que se encuentran en lactación aumentan el grado de excreción de HPG, con el cual en las praderas aumenta el potencial de infección con L3 (Rimbaud *et al.*, 2005).

4.2.6 Géneros de nematodos gastrointestinales identificados.

Los cultivos realizados permitieron la obtención de larvas en cantidad suficiente para su identificación, con lo que se determinó cuales géneros de NGI se encontraban parasitando a las ovejas estudiadas durante el periodo de estudio (Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de la presencia de los géneros de NGI identificados por periodo y por rancho evaluado.

Rancho	Géneros	Jun-Jul	Ago-Sep	Oct-Nov	Promedio
R1	<i>Trichostrongylus sp</i>	30%	32%	33%	32%
	<i>Haemonchus sp</i>	56%	55%	45%	52%
	<i>Oesophagostomum sp</i>	14%	13%	22%	16%
R2	<i>Trichostrongylus sp</i>	40%	11%	15%	22%
	<i>Haemonchus sp</i>	58%	89%	85%	77%
	<i>Oesophagostomum sp</i>	2%	0%	0%	1%
R3	<i>Trichostrongylus sp</i>	66%	22%	31%	40%
	<i>Haemonchus sp</i>	34%	78%	69%	60%
R4	<i>Trichostrongylus sp</i>	40%	21%	25%	29%
	<i>Haemonchus sp</i>	58%	72%	69%	66%
	<i>Oesophagostomum sp</i>	2%	7%	6%	5%

Los géneros de NGI identificados en este estudio, coinciden con los reportes realizados anteriormente para rebaños de Tabasco (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2003 y 2005; González-Garduño *et al.*, 2003; Medina-Pérez *et al.*, 2011; Herrera-Manzanilla *et al.*, 2013).

De forma general se observó que el género *Haemonchus sp*, se presentó en mayor proporción durante todo el periodo de estudio con un porcentaje del 52 al 77%, la importancia de este resultado se debe a que este NGI es considerado como un parásito de alta patogenicidad debido a su naturaleza hematófaga, lo cual ocasiona la presencia de anemia (Van Wyk y Bath, 2002), sin embargo, se debe considerar que, no obstante la mayor presencia de *Haemonchus sp* en los rebaños evaluados, la frecuencia de animales con anemia detectada con FAMACHA© fue

baja (6%). Del mismo modo, no se debe restar importancia a los géneros *Trichostrongylus sp* y *Oesophagostomum sp*, quienes a pesar de que se presentaron en una proporción moderada y baja (22-40% y 1-16% respectivamente) se les atribuye un efecto sobre la presencia de diarrea, anorexia y el síndrome de mala absorción digestión, lo cual puede estar reflejado en la presencia de baja CC (Bath *et al.*, 2014; Hoste, 2001) tal y como se presentó en el presente trabajo en donde se observó un porcentaje de baja CC del 41.8%.

4.2.7 Evaluación de la efectividad de las combinaciones de AH y géneros de NGI de las ovejas estudiadas.

La evaluación de la combinación de los fármacos mostró que el uso de albendazol-ivermectina tuvo efectividad baja (-38 a 25% IC95%=0-83), mientras que la combinación de levamisol- ivermectina, presentó mayor efectividad reduciendo el número de HPG de 87 a 94% (IC95%=87-97) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de reducción en el HPG e intervalo de confianza al 95% pos tratamiento con las combinaciones de antihelmínticos.

Tratamiento	Reducción en el HPG pos tratamiento (%) e IC al 95%			
	R1	R2	R3	R4
L+I	87% (75-93)	91% (79-96)	94% (87-97)	92% (87-95)
A+I	25% (0-65)	-38% (0-31)	-----*	16% (0-83)

*No fue posible realizar la evaluación

L+I=levamisol 7.5 mg/Kg. + ivermectina 0.2 mg/Kg.

A+I= albendazol 5 mg/Kg + ivermectina 0.2 mg/Kg.

Conservar la efectividad de los AH es una tarea emergente en muchas regiones de América Latina y el mundo, como lo mencionan Torres-Acosta *et al.* (2012). El estado de Tabasco no escapa de este problema, ya que desde hace varios años se ha reportado la presencia de RA en ovinos (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2003 y 2005; González-Garduño *et al.*, 2003; Medina-Pérez *et al.*, 2011), lo que disminuye las opciones farmacológicas para el control de los parásitos; por lo cual fue importante

considerar los resultados demostrados por Herrera-Manzanilla *et al.* (2013) que indican que los rebaños estudiados presentan RA al levamisol, albendazol e ivermectina. La evaluación de la efectividad de los AH en combinación mostró que al administrar A+I no mejoró el efecto obtenido por Herrera-Manzanilla *et al.* (2013) al administrar los fármacos por separado, y coincide con los reportes de Entrocasso *et al.*, (2008) quienes mencionan que al utilizar la misma combinación no se mejora el efecto AH. Herrera-Manzanilla *et al.* (2013), reportaron reducciones de 1 a 88% para levamisol y 29 a 82% para ivermectina; en el presente trabajo la combinación de ambos fármacos (L+I), mejoró considerablemente el efecto AH y se obtuvieron reducciones del número de HPG superiores al 90% en los cuatro ranchos, este resultado es evidentemente superior al efecto obtenido al administrar ambos fármacos por separado. Existen reportes similares, en los cuales se menciona que utilizando combinaciones de AH en la cual se mezcla levamisol y oxfendazol se logra obtener reducciones superiores al 90% en rebaños con resistencia a los dos fármacos (Andrews, 2000). No obstante de mejorar el efecto AH al utilizar las combinaciones, es importante señalar que su utilización debe ser de forma selectiva y exclusivamente en rebaños en los que se encuentre establecida la multirresistencia AH, ya que se menciona que la utilización de combinaciones de AH en rebaños que aún conservan susceptibilidad se puede llevar al desarrollo de multirresistencia (Bartram *et al.*, 2012).

4.2.8 Distribución y dispersión del número de HPG seis meses después de establecer la DSD.

Los datos de la distribución del número de HPG de todos los animales al concluir con los seis meses de evaluación, muestran que los 4 ranchos mantuvieron una excreción del número de HPG con las características de sobre dispersión, muchos animales aún tienen baja excreción de HPG y pocos animales excretan cantidades superiores a los 750 HPG, es evidente observar una proporción considerable de los animales que fueron positivos a la excreción de HPG en heces (66.5%) y un rango de eliminación de 0-20900 HPG, el valor de la mediana de HPG aumenta de 0 a 100 y de igual forma los valores de asimetría se encuentran por arriba de

2.32. Estos datos se muestran en el Cuadro 12 y la dinámica de distribución del HPG se muestra en la Figura 8.

Cuadro 12. Porcentaje de ovejas con excreción de huevos de NGI, descripción estadística de la distribución y dispersión de la eliminación de HPG después de implementar DSD.

Rancho	N	Animales positivos a NGI (%)	Excreción promedio ($\pm$ EEM)	Mediana	Rango de HPG	Sesgo	% HPG > 750	% HPG > 1000
R1	107	85.04	1343.5 $\pm$ 204.25	350	0-9400	2.3	36.45	36
R2	151	53.64	344.03 $\pm$ 81.41	50	0-8400	5.12	11.26	9.93
R3	108	55.55	628.24 $\pm$ 122	50	0-7300	3.05	21.30	19.44
R4	65	84.61	2104.6 $\pm$ 419.4	700	0-20900	3.39	49.23	49.23
Total	431	66.58	928.88 $\pm$ 95.68	100	0-20900	4.36	25.98	24.82

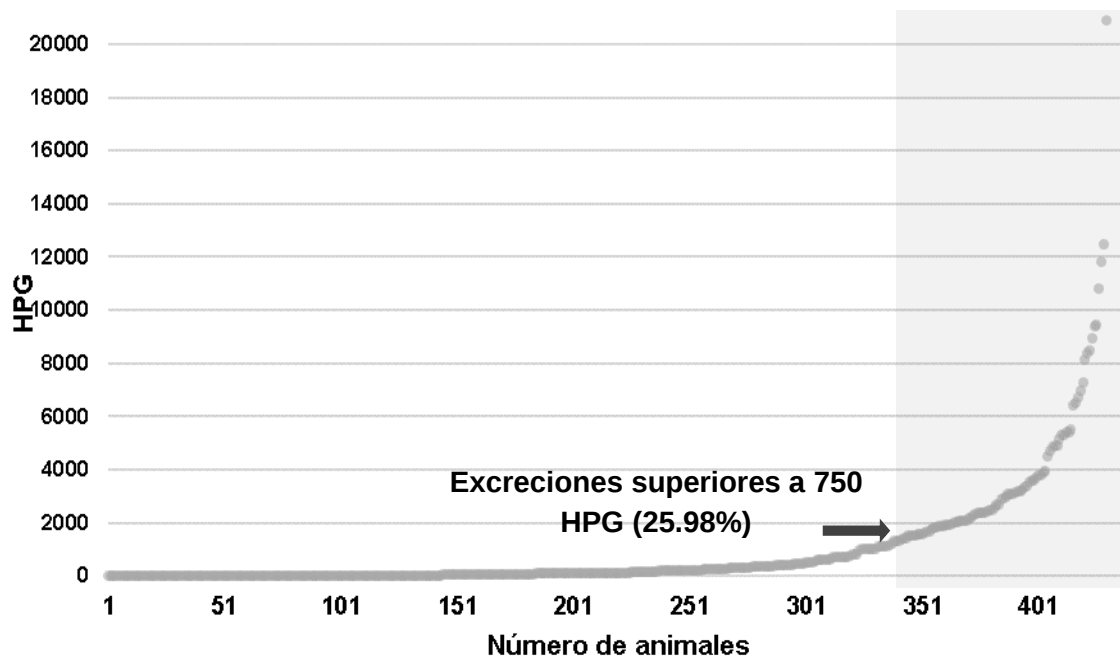


Figura 8. Dinámica de la excreción de HPG en las ovejas estudiadas después de implementar DSD

4.2.9 Comparación de la frecuencia, distribución y dispersión de los valores de HPG previamente y después del establecimiento de la DSD.

La comparación de los datos obtenidos previamente y seis meses después de implementar la estrategia de DSD en los cuatro rebaños evaluados muestra que la distribución del HPG presenta características de sobre dispersión en ambos casos,

sin embargo, existe diferencia significativa en el promedio de excreción, y se presentó un aumento en la frecuencia, el grado de excreción, el rango y el porcentaje de excreción superior a 750 HPG después de implementar la estrategia de DSD (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de la frecuencia, distribución y dispersión de los valores de HPG previamente y después del establecimiento de la estrategia de DSD.

Muestreo	N	Animales positivos a NGI (%)	Excreción promedio $\pm$ EEM	Mediana	Rango de HPG	Sesgo	% HPG > 750
Antes de establecer la DSD	401	53.11	300.49 $\pm$ 724.71 b	0	0-7000	4.93	15.05
Después de la DSD	431	66.58	928.88 $\pm$ 95.68 a	100	0-20900	4.36	25.98

*Promedios con literales distintas indican diferencia estadística significativa Tukey (P<0.05)

Este fenómeno indica que al implementar la DSD los animales pueden manifestar libremente la capacidad de resistir y tolerar altas excreciones de HPG y la estrategia de DSD permite detectar a los animales susceptibles a los NGI.

Actualmente no existen reportes sobre el efecto de la DSD sobre los rebaños y es importante destacar que los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la implementación de la estrategia de DSD permite que los animales manifiesten y desarrollen el potencial de respuesta a las nematodiasis, favoreciendo con estas estrategias la posibilidad de iniciar trabajos de selección de animales con características genéticas de resistencia y resiliencia.

5. CONCLUSIONES

1. En los rebaños evaluados, la prevalencia de NGI fue alta y los valores de excreción de HPG mostraron una distribución con características de sobre dispersión.
2. No existió suficiente relación entre los valores de indicadores fisiológicos (FAMACHA© y condición corporal) con el grado de excreción de huevos (HPG), y el criterio de selección (FAMACHA©+CC) presentó baja sensibilidad y un valor de especificidad alto en la detección de animales con excreciones altas de HPG.
3. Con la implementación de la DSD se redujo el número de tratamientos AH en todos los rebaños hasta en un 65.50%.
4. Las ovejas evaluadas presentaron variaciones fenotípicas (FAMACHA©, CC y HPG) que permitieron identificar animales que nunca fueron muestreados, animales nunca desparasitados y animales desparasitados en más de cuatro ocasiones.
5. Los factores de riesgo involucrados en el aumento del número y frecuencia de desparasitaciones son la presencia de anemia, baja condición corporal, la raza Black Belly, el mes de octubre y la lactación.
6. Los nematodos gastrointestinales parásitos de los ovinos evaluados pertenecieron a los géneros *Haemonchus sp*, *Trichostrongylus sp* y *Oesophagostomum sp*.
7. La combinación de los fármacos levamisol e ivermectina mejoró el efecto AH.
8. Seis meses después de implementar la estrategia de desparasitación selectiva se mantiene la dinámica de distribución y dispersión normal de la excreción de huevos y se observaron diferencias en la frecuencia y rango de excreción del HPG.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Caballero. A., J. F. J Torres-Acosta, R. Cámara-Sarmiento, C. Sandoval-Castro. 2011. El control de los nematodos gastrointestinales de los caprinos ¿Dónde estamos? *Revista Bioagrociencias. Medicina Veterinaria* 4(2):10-16.
- Aguilar-Caballero. A, J. F. Torres-Acosta, R. Cámara-Sarmiento. 2009. Importancia del Parasitismo Gastrointestinal en Ovinos y situación actual de la Resistencia Antihelmíntica en México. En: *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico*. Compilado por: González Garduño R. y Berumen Alatorre A.C. Universidad Autónoma de Chapingo, C.R.U.S.E. Tabasco, México. pp. 1-11.
- Aguilar-Marcelino. L. 2012. Microorganismos con uso potencial contra el nematodo de ovinos *Haemonchus contortus*. Tesis presentada para obtener el grado de doctor en ciencias. Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo. Montecillo, Texcoco, edo. de México. pp. 40-88.
- Albers, G., y G. Gray. 1987. Breeding for worm resistance: A perspective. *International Journal for Parasitology* 17:559-566.
- Albers, G., G. Gray, L. Piper, J. Barker, L. Jambre, I. Barger. 1987. The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus* infection in young merino sheep. *International Journal for Parasitology* 17:1355-1363.
- Amarante, A. F. 2013. Sustainable worm control practices in South America. *Small Ruminant Research, In Press*.
- Amarante, A., P. Bricarello, R. Rocha, S. Gennari. 2004. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Veterinary Parasitology* 120:91-106.
- Ammerman, C. B., y R. D. Goodrich. 1983. Advances in Mineral Nutrition in Ruminants. *Journal of Animal Science* 57:519-533.
- Andrews, S. 2000. The efficacy of levamisole, and a mixture of oxfendazole and levamisole, against the arrested stages of benzimidazole-resistant *Haemonchus contortus* and *Ostertagia circumcincta* in sheep. *Veterinary Parasitology* 88:139-146.
- Assis, R. C. L., F. D. Luns, J. V. Araújo, F.R. Braga, R. L. Assis, J. L. Marcelino, M. A. Andrade. 2013. Comparison between the action of nematode predatory fungi *Duddingtonia flagrans* and *Monacrosporium thaumasium* in the biological control of bovine gastrointestinal nematodiasis in tropical southeastern Brazil. *Veterinary parasitology*, 193(1):134-140.

- Athanasiadou, S., I. Kyriazakis, F. Jackson, R. Coop. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: *in vitro* and *in vivo* studies. *Veterinary Parasitology*, 99:205-219.
- Athanasiadou, S., O. Tzamaloukas, I. Kyriazakis, F. Jackson, R. Coop. 2005. Testing for direct anthelmintic effects of bioactive forages against *Trichostrongylus colubriformis* in grazing sheep. *Veterinary Parasitology*, 127:233-243.
- Bakker, N., L. Vervelde, K. Kanobana, D. Knox, A. Cornelissen, E. Vries, A. Yatsuda. 2004. Vaccination against the nematode *Haemonchus contortus* with a thiol-binding fraction from the excretory/secretory products (ES). *Vaccine*, 22:618-628.
- Bang, K.S., A. S. Familton, A. R. Sykes. 1990. Effect of copper wire particle treatment on establishment of major gastrointestinal nematodes in lambs. *Res. Vet. Sci.* 49:132-137.
- Bath, G. 2013. The BIG FIVE. A South African perspective on sustainable holistic internal parasite management in sheep and goats. *Small Ruminant Research, In Press*.
- Bath, G. y J. V. Van Wyk. 2009. The Five Point Check© for targeted selective treatment of internal parasites in small ruminants. *Small Ruminant Research*, 86:6-13.
- Barger, I. 1985. The statistical distribution of trichostrongylid nematodes in grazing lambs. *International Journal for Parasitology*, 15:645-649.
- Barger, I. 1997. Control by management. *Vet Parasitol*, 72:493–506.
- Barger, I. 1999. The role of epidemiological knowledge and grazing management for helminth control in small ruminants. *International Journal for Parasitology*, 29:41-47.
- Barger, I., K. Siale, D. Banks, L. Jambre. 1994. Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parasitology*, 53:109-116.
- Bartram, D. J., D. M. Leathwick, M. A. Taylor, T. Geurden, S. J. Maeder. 2012. The role of combination anthelmintic formulations in the sustainable control of sheep nematodes. *Veterinary Parasitology*, 186:151-158.
- Benavides, O. 2001 Control de las pérdidas ocasionadas por los parásitos del ganado. Carta Fedegan. (Anexo coleccionable Manejo integrado de plagas y Enfermedades en exploraciones ganaderas.). Resistencia a los antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina, FAO, Salud Animal. 69:52-63.
- Bentounsi, B., S. Meradi, J. Cabaret. 2012. Towards finding effective indicators (diarrhoea and anaemia scores and weight gains) for the implementation of targeted selective treatment against the gastro-intestinal nematodes in lambs in a steppic environment. *Veterinary Parasitology*, 187:275-279.

- Besier, R.B. 2007. New anthelmintics for livestock: the time is right. *Trends in Parasitology* 23:21-24.
- Besier, R.B. 2011. Refugia based strategies for sustainable worm control: Factors affecting the acceptability to sheep and goat owners. *Vet. Parasitol*, 186:2-9.
- Blake, N y G. Coles. 2007. Flock cull due to anthelmintic-resistant nematodes. *Veterinary record*, 161(1):36-36.
- Borgers, M., S. De Nollin, M. De Brabander, D. Thienpont. 1975. Influence of the anthelmintic mebendazole on microtubules and intracellular organelle movement in nematode intestinal cells *Am. J. Vet. Res* 36:53–1166.
- Bowdridge, S., K. MacKinnon, J. C. McCann, A. M. Zajac, D. R. Notter. 2013. Hair-type sheep generate an accelerated and longer-lived humoral immune response to *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology*, 196:172-178.
- Bowman, D. D., y R. C. Lynn. 2009. Diagnosis parasitology. En: Georgi's parasitology for veterinarians. Bowman, D.D. and Lynn, R.C. Editors. 7th edition, pp 303-324.
- Brunsdon, R. 1964. The effect of infestation by nematodes of the family trichostrongylidae and the tapeworm, *Moniezia expansa*, upon the liveweight gain and wool production of young sheep. *New Zealand Veterinary Journal*, 12:129-134.
- Burke, J., y J. Miller. 2006. Evaluation of multiple low doses of copper oxide wire particles compared with levamisole for control of *Haemonchus contortus* in lambs. *Veterinary Parasitology*, 139:145-149.
- Burke, J., J. Miller, J. Mosjidis, T. Terrill. 2012. Use of a mixed *sericea lespedeza* and grass pasture system for control of gastrointestinal nematodes in lambs and kids. *Veterinary Parasitology*, 186:328-336.
- Burke, J. M., A. Wells, P. Casey, J. E. Miller. 2009. Garlic and papaya lack control over gastrointestinal nematodes in goats and lambs. *Veterinary parasitology*, 159(2):171-174.
- Cabaret, J., V. Gonnord, J. Cortet, C. Sauvé, J. Ballet, H. Tournadre, M. Benoit. 2006. Indicators for internal parasitic infections in organic flocks: the diarrhoea score (Disco) proposal for lambs. Organic Congress 2006: Organic Farming and European Rural Development. Odense, DNK. 30-31 may 2006, pp 552-553.
- Campos, R.R., R. D. Herrera, R. H. Quiroz, J. S. Olazarán. 1990. Resistencia de *Haemonchus contortus* a los Bencimidazoles en ovinos de México. *Tec. Pec. Mex.* 28:30-34.
- Canul-Ku, H.L., G. L. Garate, J. F.J. Torres-Acosta, M. Pérez-Cruz, A. J. Aguilar-Caballero, R. Cámara-Sarmiento, W. J. Van. 2009. Selective anthelmintic treatment scheme for

- goats in tropical Mexico: two year field validation. The 22 Internacional Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology. Alberta, Canada. August, 2009.
- Carrión, M. 2006. Fase exógena de *Strongylidos* en pastoreo en el Valle del Cauto. Tesis en opción al Grado de Maestra en Medicina Veterinaria preventiva. Universidad de Granma. Granma Cuba. pp 15-45.
- Chávez-Mena, C.M. 2013. Evaluación de la desparasitación selectiva dirigida en ovinos de pelo durante la época de lluvias en el rancho "San Rafael", Suchiapa, Chiapas. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. pp. 26-33.
- Coles, G. C., J. M. East y S. N. Jenkins. 1974. The mechanism of action of the anthelmintic levamisole. *Gen. Pharmacol.*, 6:309–313.
- Coles, G.C., F. Jackson, W. E. Pomroy, R. K. Prichard, G. Samson-Himmelstjerna, S. A. Von, M. A. Taylor, J. Vercruysse. 2006. The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology* 136:167–185.
- Colvin, A., S. Walkden-Brown, M. Knox. 2012. Role of host and environment in mediating reduced gastrointestinal nematode infections in sheep due to intensive rotational grazing. *Veterinary Parasitology*, 184:180-192.
- Coop, R. y I. Kryazakis. 2001. Influence of host nutrition on the development and consequences of nematode parasitism in ruminants. *Trends In Parasitology*. 17(7):325-330.
- Cordero del Campillo, M., F. A. Rojo-Vázquez, F. A. R. Martínez, A. M. C. Sánchez, R. S. Hernández, L. C. I. Navarrete, B. P. Díez, R. H. Quiróz, y V. M. Carvalho. 2002. Parasitología Veterinaria. Editorial Mcgraw Hill,- Interamericana. Madrid, España. pp. 237-252.
- Courtney, C. H., C. F. Parker, K. E. McClure, y R. P. Herd. 1985. Resistance of exotic and domestic lambs to experimental infection with *Haemonchus contortus*. *International Journal for Parasitology*, 15(1):101-109.
- Cringoli, G., L. Rinaldi, V. Veneziano, L. Mezzino, J. Vercruysse, y F. Jackson. 2009. Evaluation of targeted selective treatments in sheep in Italy: Effects on faecal worm egg count and milk production in four case studies. *Veterinary Parasitology*, 164:36-43.
- Cuéllar-Ordaz, J. A. 2003. La resistencia a los antihelmínticos y métodos para reducir su presencia en los sistemas ovinos tropicales. Memorias del segundo seminario sobre producción intensiva de ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. p 32.

- Cuéllar-Ordaz, J. A. 2009. Evaluación de la resistencia a los desparasitantes. Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Compilado por: González Garduño R. y Berumen Alatorre A.C. Universidad Autónoma de Chapingo, C.R.U.S.E. Tabasco, México. pp. 81-92.
- Cuéllar-Ordaz, J. A., L. E. García, C. H. A. De La cruz y N. M. Aguilar. 2011. Manual práctico para la cría ovina. Ediciones Pecuarias de México S.A. de C.V. México, D.F. Capítulo 6, p. 50.
- Díaz R. P., H. G. Torres, A. M. Osorio, H. P. Pérez, A. A. Pulido, P. A. M. Becerril y H. J. G. Herrera. 2000. Resistencia genética a parásitos gastrointestinales en ovinos Florida, Pelibuey y sus cruas en el trópico Mexicano”; *Agro ciencia*. México, 34:13-20.
- Domínguez, T.I.A., M. Cuquerella, M. Gómez, S. Méndez, P. F. Fernández, M. Alunda. 2000. Vaccination of Manchego lambs against *Haemonchus contortus* with a somatic fraction (p26/23) of adult parasites. *Parasite Immunology*, 22:131-138.
- Dinaburg, A. G. 1942. The efficiency of the Baermann apparatus in the recovery of larvae of *Haemonchus contortus*. *Journal of Parasitology*, 28(6):433-440.
- Dopchiz, M.C., A. E. Parma y C. A. Fiel. 2000. Hypobiosis induction alters the protein profile of *Ostertagia osetrtagi* (Nematoda: Trichostrongylidae). *Folia parasitological* 47:135-140.
- Drudge J.H., E. T. Lyons, S. C. Tolliver. 1977. Resistance of equine strongyles to thiabendazole: critical test two strains. *Vet. Med. Small animal*. 433:1977.
- Eady S. J., R. R. Woolaston, S. I. Mortimer, R. P. Lewer, H. W. Raadsma, A. A. Swan, R. W. Ponzoni. 1996. Resistance to nematode parasites in Merino sheep: sources of genetic variation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 47:895-915.
- Entrocasso, C., L. Alvarez, J. Manazza, A. Lifschitz, B. Borda, G. Virkel y C. Lanusse. 2008. Clinical efficacy assessment of the albendazole-ivermectin combination in lambs parasitized with resistant nematodes. *Veterinary Parasitology*, 155:249-256.
- Escobar-Megchún, M.V. 2014. Determinación de la eficacia de la desparasitación selectiva dirigida en ovinos Chiapas. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. pp. 39-48.
- Fernández, A.S., y C. A. Fiel. 1998. Estudio sobre los factores que inducen a la hipobiosis de *Ostertagia ostertagi* en bovinos. *Rev. Med. Vet.* 79:177-183.
- Fox, M. 1997. Pathophysiology of infection with gastrointestinal nematodes in domestic ruminants: recent developments. *Veterinary Parasitology*, 72:285-308.

- Galicia-Aguilar, H., L. Rodríguez-González, C. Capetillo-Leal, R. Cámara-Sarmiento, A. Aguilar-Caballero, C. Sandoval-Castro, J. F. J. Torres-Acosta. 2012. Effects of *Havardia albicans* supplementation on feed consumption and dry matter digestibility of sheep and the biology of *Haemonchus contortus*. *Animal Feed Science and Technology*, 176:178-184.
- Galindo-Barbosa. A., A. J. Aguilar-Caballero, R. Cámara-Sarmiento, C. A. Sandoval-Castro, N. F. Ojeda-Robertos, R. Reyes-Reyes, E. E. España y J. F. J. Torres-Acosta. 2011. Persistence of the efficacy of copper oxide wire particles against *Haemonchus contortus* in sheep. *Veterinary Parasitology*. 176:261-267.
- Gallidis, E., E. Papadopoulos, S. Ptochos, y G. Arsenos. 2009. The use of targeted selective treatments against gastrointestinal nematodes in milking sheep and goats in Greece based on parasitological and performance criteria. *Veterinary Parasitology*, 164:53-58.
- Githiori, J. B., S. Athanasiadou, y S. M. Thamsborg. 2006. Use of plants in novel approaches for control of gastrointestinal helminths in livestock with emphasis on small ruminants. *Veterinary Parasitology*, 139(4):308-320.
- González-Garduño, R. 2006. Estudios sobre el control biológico de nematodos gastrointestinales de ovinos de pelo con el hongo *Duddingtonia flagrans* en Teapa, Tabasco, México. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Montecillo, Texoco, Edo. de México. p.85.
- González-Garduño, R., G. Torres-Hernández y A. C. Berúmen-Alatorre. 2009. Experiencia en el uso de pastoreo continuo contra rotacional para el control de nematodos. En: Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Compilado por: González Garduño R. y Berumen Alatorre A.C. Universidad Autónoma de Chapingo, C.R.U.S.E. Tabasco, México. pp. 63-70.
- González-Garduño. R., G. Torres-Hernández, G. Nuncio-Ochoa, J. Cuellar-Ordaz, y O. M. Zermeño. 2003. Detección de eficiencia antihelmíntica en nematodos de ovinos de pelo con la prueba de reducción de huevos en heces. *Livestock Research for Rural Development*, 5:12.
- González-Ruíz, J.L. 2012. Desparasitación selectiva de ovejas en rebaños de pequeños productores en el estado de Yucatán. Tesis para obtener el grado de Maestro en Producción Ovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. pp 15-45.
- Grønvold, J., S. A. Henriksen, M. Larsen, P. Nansen, J. Wolstrup. 1996 Biological control. Aspects of biological control—with special reference to arthropods, protozoans and helminths of domesticated animals. *Vet Parasitol*, 64:47–64.
- Hansen, J., y B. Perry. 1994. The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. *International Livestock Centre for Africa. Ethiopia*. pp. 17-23.

- Hernández-Villegas, M. M., R. Borges-Argáez, R. I. Rodríguez-Vivas, J. F. J. Torres-Acosta, M. Méndez-González, y M. Cáceres-Farfan. 2011. Ovicidal and larvicidal activity of the crude extracts from *Phytolacca icosandra* against *Haemonchus contortus*. *Veterinary parasitology*, 179(1):100-106.
- Hernández, H.A., y M. N. López. 2000. Efecto del tratamiento con extractos de plantas medicinales (estafiate, epazote, semilla de calabaza, semilla de papaya y ajo) sobre parásitos gastrointestinales en ovinos. Tesis de licenciatura. MVZ. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. pp 23-28.
- Herrera-Manzanilla F., N. F. Ojeda-Robertos, J. F. J. Torres-Acosta, R. González-Garduño, A. C. Berumen-Alatorre, R. Cámara-Sarmiento y A. Chay-Canul. 2013. Nematodos gastrointestinales resistentes a tres clases de antihelmínticos en granjas ovinas de Tabasco. Memorias del XVII Congreso Internacional de Ovinocultura. Acapulco, Guerrero, México.
- Herrera, O.L., R. L. O. Microb, y S. R. Zapata. 2013. Frecuencia de la infección por nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de cinco municipios de Antioquia. *Rev. M.V.Z., Córdoba* 18(3):3851-3860.
- Horton, J. 2000. Albendazole: a review of anthelmintic efficacy and safety in humans. *Parasitology*, 121:113-132.
- Hoste, H. 2001. Adaptative physiological processes in the host during gastrointestinal parasitism. *International Journal of Parasitology*. 31:231-244.
- Hoste, H. 2006. Entendiendo los mecanismos fisiopatológicos y patogénesis de la infección por nematodos parásitos en borregos y cabras. Memorias Curso. 4° Curso Internacional: Epidemiología y control integral de nematodos gastrointestinales de importancia económica en pequeños rumiantes. Organizado por la Universidad Autónoma de Yucatán. p. 24-30.
- Hoste, H., y J. F. J. Torres-Acosta. 2011. Non chemical control of helminths in ruminants: adapting solutions for changing worms in a changing world. *Veterinary parasitology*, 180(1):144-154.
- Hoste, H., J. F. J. Torres-Acosta y A. J. Aguilar-Caballero. 2008. Nutrition-parasite interactions in goats: is immunoregulation involved in the control of gastrointestinal nematodes? *Parasite Immunology*. 30:79-88.
- Hounzangbe-Adote, M., V. Paolini, I. Fouraste, K. Moutairou, y H. Hoste. 2005. *In vitro* effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*. *Research in Veterinary Science*, 78:155-160.

- Idika, I., S. Chiejina, L. Mhomga, P. Nnadi, y L. Ngongeh. 2012. Correlates of resistance to gastrointestinal nematode infection in Nigerian West African dwarf sheep. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5:29-532.
- Jabbar, A., Z. Iqbal, D. Kerboeuf, G. Muhammad, N. M. Khan, M. Afaq. 2006. Anthelmintic Resistance The stay of play revised. *Life Sci.* 79:2413-2431.
- Jackson, F., y J. Miller. 2006. Alternative approaches to control—Quo vadit? *Veterinary parasitology*, 139(4):371-384.
- Jackson, F., D. Bartley, Y. Bartley, y F. Kenyon. 2009. Worm control in sheep in the future. *Small Rumin. Res.* 86:40–45.
- Jaramillo-Arango, C. J., y J. J. Martínez-Maya. 2010. Epidemiología veterinaria. 1ra edición. Editorial el Manual Moderno. México. pp 53-145.
- Judson G. J., T. H. Brown, D. Gray, D. W. Dewey, J. B. Edwards, y J. D. McFarlane. 1982. Oxidized copper wire particles for copper therapy in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 33:1073–1083.
- Kaminsky, R., P. Ducray, M. Jung, R. Clover, L. Rufener, J. Bouvier, S. S. Weber, A. Wenger, S. Wieland, T. Goebel, N. Gauvry, F. Pautrat, T. Skripsky, O. Froelich, C. Komoin-Oka, B. Westlund, A. Sluder, y P. Maser. 2008. A new class of anthelmintics effective against drug-resistant nematodes. *Nature*, 452:176–180.
- Kaminsky, R., L. Rufener, J. Bouvier, R. Lizundia, S. S. Weber, y H. Sager. 2013. Worms. A license to killer. *Veterinary Parasitology*, 195:286-291.
- Kenyon, F., A. Geer, G. Coles, G. Cringoli, E. Papadopoulos, J. Cabaret, y F. Jackson. 2009. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology*, 164:3-11.
- Knox, D. P., D. L. Redmond, G. F. Newlands, P. J. Skuce, D. Pettit, y W. Smith. 2003. The nature and prospects for gut membrane proteins as vaccine candidates for *Haemonchus contortus* and other ruminant *trichostrongyloids*. *International Journal for Parasitology*, 33:1129-1137.
- Knox, D., y W. Smith. 2001. Vaccination against gastrointestinal nematode parasites of ruminants using gut-expressed antigens. *Veterinary Parasitology*, 100:21-32.
- Knox, M., J. F. J. Torres-Acosta, y A. Aguilar-Caballero. 2006. Exploiting the effect of dietary supplementation of small ruminants on resilience and resistance against gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 139:385-393.

- Kaplan, R.M. 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends Parasitol.* 20:477–481.
- Lapage, G. 1971. Parasitología veterinaria. Edit. CECSA. México, D.F. pp. 70-79.
- Larsen, J., N. Anderson, A. Vizard, G. Anderson, y H. Hoste. 1994. Diarrhoea in Merino ewes during winter: association with *trichostrongylid* larvae. *Australian Veterinary Journal*, 71:365-372.
- Larsen, M. 1999. Biological control of helminths. *International Journal for Parasitology*, 29:139-146.
- Liébano-Hernández, E. 2010. Cultivo e identificación larvaria de nematodos del tracto gastroentérico. Diagnóstico de enfermedades parasitarias selectas de rumiantes. Libro técnico 2. Editado por Bautista Garfias Carlos Ramón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F. diciembre 2010. Capítulo 4, pp. 43-85.
- López-Arellano, M.E., P. Mendoza de Givez, P. Vázquez-Pratz., E. Liébano-Hernández, P. A. Bravo, R. D. Herrera, E. Godínez, P. Vargas, y F. Zamudio. 2006. Use of *Bacillus thuringiensis* toxin as an alternative method of control against *Haemonchus contortus*. *Annals of the New York Academy of Science*, 34:347-354.
- López-Arellano, M. E., P. Mendoza de Gives, M. L. Aguilar-Marcelino, y E. Liébano-Hernández. 2010. Buenas prácticas en el manejo de los antihelmínticos para el control de parásitos de rumiantes. Centro nacional de investigación disciplinaria en parasitología veterinaria. Folleto técnico 1. Pp. 5-38.
- López-Arellano, M. E. y P. Mendoza de Gives. 2011. Importancia de las Parasitosis Internas en Rumiantes Domésticos y Resistencia a los Antihelmínticos. Memorias, XVI Congreso de Producción Ovina y VIII Seminario Internacional de Producción de Ovinos en el Trópico. Villahermosa, Tabasco, México.
- Louvandini, H., C. F. Veloso, G. R. Paludo, A. Dell'Porto, S. M. Gennari, C. M. McManus. 2006. Influence of protein supplementation on the resistance and resilience on young hair sheep naturally infected with gastrointestinal nematodes during rainy and dry seasons. *Veterinary parasitology*, 137(1):103-111.
- Luna-Palomera, C., E. Santamaría-Mayo, A. C. Berúmen-Alatorre, A. Gómez-Vázquez y N. M. Maldonado-García. 2010. Suplementación energética y proteica en el control de nematodos gastrointestinales en corderas de pelo. División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México, 11(07):2-3.
- McKeand, J. B. 2000. Vaccine development and diagnostics of *Dictyocaulus viviparus*. *Parasitology*, 120:17-23.

- Malan, F.S., J. A. VanWyk, y C. Wessels. 2001. Clinical evaluation of anaemia in sheep: early trials. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 68:165–174.
- Marshall K., J. M. Mugambi, S. Nagda, T. S. Sonstegard, C. P. Van Tassell, R. L. Baker, y J. P. Gibson. 2013. Quantitative trait loci for resistance to *Haemonchus contortus* artificial challenge in Red Maasai and Dorper sheep of East Africa. *Anim Genet*; 44(3):285-95.
- Martin, R. 1997. Modes of action of anthelmintic drugs. *The Veterinary Journal*, 154:11-34.
- Martínez-Ortíz de Montellano C. 2010. Mecanismo de acción de las plantas ricas en taninos sobre la población adulta de nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes. Tesis en cotutela presentada para obtener el grado de doctor en ciencias agropecuarias. Université de Toulouse, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. Noviembre, 2010. pp. 3-25.
- Mendoza de Gives, P., J. Flores-Crespo, D. Herrera-Rodríguez, V. Vázquez-Prats, E. Liébano-Hernández, G. E. Ontiveros-Fernández. 1998. Biological control of *Haemonchus contortus* infective larvae in ovine faeces by administering an oral suspension of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores to sheep. *Journal of helminthology*, 72(04):343-347.
- Medina-Pérez, P., A. C. Berúmen-Alatorre, R. I. Rodríguez-Vivas, J. F. J. Torres-Acosta, N. F. Ojeda-Robertos. 2011. Reporte de resistencia a tres clases de antihelmínticos en un rebaño ovino de Villahermosa, Tabasco. Memorias XVI Congreso Nacional de Producción ovina y VIII Seminario Internacional de Producción de Ovinos en el Trópico., Villahermosa, Tabasco, México, septiembre del 2011.
- Miller, C., T. Waghorn, D. Leathwick, P. Candy, A. M. Oliver, y T. Watson. 2012. The production cost of anthelmintic resistance in lambs. *Veterinary Parasitology*, 186:376-381.
- Molento, M. B., F. S. Fortes, D. A. S. Pondelek, F. D. A. Borges, A. C. D. S. Chagas, J. F. J. Torres-Acosta, y P. Geldhof. 2011. Challenges of nematode control in ruminants: Focus on Latin America. *Veterinary parasitology*, 180(1):126-132.
- Morales, G., A. Guillén, A. Pinho, L. Pino, y F. Barrios. 2010. Clasificación por el método FAMACHA© y su relación con el valor de hematocrito y recuento de hpg de ovinos criados en condiciones de pastoreo. *Zootecnia Trop.* 28(4): 545-555.
- Morteo, G.R., G R. González, H. G. Torres, O. G. Nuncio, P. C. M. Becerril, S. J. Gallegos, y I. E. Aranda. 2004. Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos pelibuey a la infestación con nematodos gastrointestinales. *Agrociencia*, 38(4):395-404.
- Mugambi, J.M., R. K. Bain, S. W. Wanyangu, M. A. Ihiga, J. L. Duncan, M. Murray, y M. J. Stear. 1997. Resistance of four sheep breeds to natural and subsequent artificial *Haemonchus contortus* infection. *Vet. Parasitol*, 69:265-273.

- Munn, E. A. 1997. Rational design of nematode vaccines: Hidden antigens. *International Journal for Parasitology*, 27:359-366.
- Munn, E.A., M. Graham, y W. J. Coadwell. 1987. Vaccination of young lambs by means of a protein fraction extracted from adult *Haemonchus contortus*. *Vert. Parasitol*, 94:385–397.
- Nuncio-Ochoa, G. J., A. F. Escobedo, R. González-Garduño, y G. R. Morteo. 2003. Resistencia Antihelmíntica en ovinos de pelo en un rebaño de Centla, Tabasco. Memorias del segundo seminario sobre producción intensiva de ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, tabasco. Diciembre 2003. pp 31-32.
- Nuncio-Ochoa, G. J., A. F. Escobedo, G. R. Morteo, D. M. Magaña, y R. González-Garduño. 2005. Resultados Preliminares de la resistencia Antihelmíntica de parásitos gastrointestinales en ovinos de Tabasco. Memorias del IV Seminario de Producción de Ovinos en el Trópico. Villahermosa, Tabasco, México. pp 100-109.
- O'Connor, L.; B. S. W. Walkden y P. L. Kahn. 2006. Ecology of the free-living stages of major *trichostrongylid* parasites of sheep. *Veterinary Parasitology*. 142:1-15.
- Ojeda-Robertos. N. F., J. F. J. Torres-Acosta, A. J. Aguilar-Caballero, A. Ayala-Burgos, L. A. Cob, C. Sandoval-castro, C. Barrientos-Rodríguez, y P. Mendoza de Gives. 2008. Assessing the efficacy of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores per gram of faeces to control *Haemonchus contortus* larvae. *Veterinary Parasitology*. 158:329-335.
- Osuna, C. A. A., y J. M. Aluanda. 2011. Evaluación de un nuevo antígeno, adyuvante y vías de inmunización en el desarrollo de una vacuna frente a nematodos gastrointestinales. Memorias del XII Congreso Ibérico de Parasitología. Zaragoza, España, Julio de 2011. pp. 13-14.
- Ouzir, M., B. Berrag, A. Benjouad, y J. Cabaret. 2011. Use of pathophysiological indicators for individual decision of anthelmintic treatment of ewes against gastro-intestinal nematodes in Morocco. *Veterinary Parasitology*, 180:372-377.
- Papadopoulos, E., G. Arsenos, S. Sotiraki, C. Deligiannis, T. Lainas, y D. Zygoyiannis. 2003. The epizootiology of gastrointestinal nematode parasites in Greek dairy breeds of sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 47:193-202.
- Papadopoulos, E., E. Gallidis, S. Ptochos, y G. C. Fthenakis. 2013. Evaluation of the FAMACHA© system for targeted selective anthelmintic treatments for potential use in small ruminants in Greece. *Small Ruminant Research*, 110(2):124-127.
- Parkins, J.J., y P. H. Holmes. 1989. Effects of gastrointestinal helminth parasites on ruminant nutrition. *Nut. Res. Rev.* 2:227-246.

- Phythian, C., D. Hughes, E. Michalopoulou, P. Cripps, y J. Duncan. 2012. Reliability of body condition scoring of sheep for cross-farm assessments. *Small Ruminant Research*, 104:156-162.
- Peralta-Lailson, M. 2014. Síndrome de la oveja flaca. Memorias del 5° Curso de Producción Ovina. Auditorio de Los Constituyentes, Colina Universitaria. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 9-11 de abril del 2014.
- Piedrafita, D., M. D. Veer, J. Sherrard, T. Kraska, M. Elhay, y E. Meeusen. 2012. Field vaccination of sheep with a larval-specific antigen of the gastrointestinal nematode, *Haemonchus contortus*, confers significant protection against an experimental challenge infection. *Vaccine*, 30:7199-7204.
- Prichard, R.K., C. A. Hall, J. D. Kelly, I. C. A. Martin, y A. D. Donald. 1980. The problem of anthelmintic resistance in nematodes. *Aus. Vet. J.*, 56:239-251.
- Quiróz-Romero, H. 1989. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Ed. Limusa, México, D.F. pp. 441-513.
- Reyes-García, M. E., H. Sánchez-Pineda, M. Peralta-Lailson, A. C. Méndez-Gómez, R. Grajales-Zepeda, y E. Bahena-Salgado. 2013. Diagnóstico de resistencia de vermes gastrointestinales a antiparasitarios en ovinos del estado de Chiapas. Memorias del XVII Congreso Internacional de Ovinocultura. Acapulco, Guerrero, México.
- Reynecke, D., J. V. Wyk, B. Gummow, P. Dorny, y J. Boomker. 2011. Validation of the FAMACHA® eye colour chart using sensitivity/specificity analysis on two South African sheep farms. *Veterinary Parasitology*, 177:203-211.
- Rimbaud, E., N. Pineda, L. Luna, X. Morales, G. Rivera, A. Olivares, M. Mejía, S. Ortega, J. L. Robles, H. Flores, S. Robletto, y M. L. Sandoval. 2005. Primera comprobación del alza postparto en el conteo de huevos de nematodos en materia fecal de ovinos en Nicaragua. *Rev. Elect. Vet*, 6(11):1695-7504,
- Riffkin, G. G., y C. Dobson. 1979. Predicting resistance of sheep to *Haemonchus contortus* infections. *Veterinary Parasitology*, 5:365-378.
- Rocha, R., K. Bresciani, T. Barros, L. Fernandes, M. Silva, y A. Amarante. 2008. Sheep and cattle grazing alternately: Nematode parasitism and pasture decontamination. *Small Ruminant Research*, 75:135-143.
- Roberts, F.H.S., y P. J. O'Sullivan. 1949. Methods for egg counts and larval cultures for strongyles infecting the gastrointestinal tract of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 1:99-103.
- Rochfort, S., A. J. Parker, y F. R. Dunshea. 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*. 69:299-322.

- Rodríguez-Vivas, R. I., A. J. Aguilar-Caballero, R. Cámara-Sarmiento, J. F. J. Torres-Acosta. 2011. Inmunización con larvas I3 de *Haemonchus contortus* sobre la ganancia de peso y la carga parasitaria en corderos bajo pastoreo. Memorias de la Reunión AMTEO 2011. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Rodríguez-Vivas, R. I., y L. Cob-Galera. 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. Universidad Autónoma de Yucatán. México, pp. 41 -71.
- Ruíz-Uítzil, C. A., J. F. J. Torres-Acosta, R. Cámara-Sarmiento, y A. J. Aguilar-Caballero. 2011. Uso de vacunas y desparasitantes en rebaños ovinos del este de Yucatán. Memorias de la Reunión AMTEO 2011. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Ruíz, L. E., C. Viau, T. N. Francis, y T. C. Geary. 2011. Activity of novel nicotinic anthelmintics in cut preparations of *Caenorhabditis elegans*. *Int. J. Parasitol*, 4:455–461.
- Russel, A. 1991. Body condition scoring of sheep. In: E. Boden (Ed.) Sheep and Goat Practice. Bailliere Tindall. Philadelphia, USA. p 3.
- Sagüés, M.F., P. Purslow, S. Fernández, L. Fuse, L. Iglesias, y C. Samuell. 2011. Hongos nematófago utilizados para el control biológico de nematodos gastrointestinales en el ganado y sus formas de administración. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28:143-147.
- Sánchez-Pineda, H., F. G. Hernández-Sánchez, M. Peralta-Lailson, A. Oliva-Velas, M. E. Reyes-García y J. A. Cuéllar-Ordaz. 2008. Resistencia a antihelmínticos en un biotipo ovino y cuatro razas ovinas del Estado de Chiapas. Mem. XIV Congreso Nacional de Producción Ovina, AMTEO. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Sandoval-Castro, C. A., J. F. J. Torres-Acosta, H. Hoste, A. Z. M. Salem, J. I. Chan-Pérez. 2012. Using plant bioactive materials to control gastrointestinal tract helminths in livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1):192-201.
- Santamaría-Colonia., J. F. J. Torres-Acosta y I. Rodríguez-Vivas. 1995. Efecto del peso al destete sobre el parasitismo gastrointestinal de cabritos en clima tropical. *Rev. Biomed.* 6:143-150.
- Santurio, J., R. Zanette, A. D. Silva, V. Fanfa, M. Farret, L. Ragagnin, y S. Monteiro. 2011. A suitable model for the utilization of *Duddingtonia flagrans* fungus in small-flock-size sheep farms. *Experimental Parasitology*, 127:727-731.
- Sargison, N. 2012. Pharmaceutical treatments of gastrointestinal nematode infections of sheep. Future of anthelmintic drugs. *Veterinary Parasitology*, 189:79-84.

- Scott, I., W. E. Pomroy, P. R. Kenyon, G. Smith, B. Adlington, A. Moss. 2013. Lack of efficacy of monepantel against *Teladorsagia circumcincta*, and *Trichostrongylus colubriformis*. *Veterinary parasitology*, 198(1):166-171.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Comisión Nacional del Agua. México, D.F. Annual report 2013 [on line]: Documenting electronic sources on the Internet. 2013 [date accessed: July, 29, 2014]. Available at: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2013.pdf>
- Sinott, M. C., N. A. Cunha Filho, L. L. D. Castro, L. B. Lorenzon, N. B. Pinto, G. A. Capella, y F. P. L. Leite. 2012. *Bacillus spp.* toxicity against *Haemonchus contortus* larvae in sheep fecal cultures. *Experimental parasitology*, 132(2):103-108.
- Smith, W.D., S. K. Smith, y D. Pettit. 2001. Cross protection studies with gut membrane glycoprotein antigens from *Haemonchus contortus* and *Teladorsagia circumcincta*. *Parasitol. Immunol.* 23:203–211.
- Smith, W. D., S. K. Smith, y J. M. Murray. 1994. Protection studies with integral membrane fractions of *Haemonchus contortus*. *Parasite immunology*, 16(5):231-241.
- Smith, S.K., y W. D. Smith. 1996 Immunisation of sheep with an integral membrane glycoprotein complex of *Haemonchus contortus* and with its major polypeptide components. *Res. Vet. Sci.* 60:1–6.
- Smith, W. D. 2008. Recent vaccine related studies with economically important gastrointestinal nematode parasites of ruminants. *Tropical Biomedicine. Proceedings of 5 International workshops. Novel Approaches to the control of helminth parasites of livestock.* Ipoh, Malaysia. 25:50.
- Smith, W. D., y D. S. Zarlenga. 2006. Development and hurdles in generating vaccines for controlling helminth parasites of grazing ruminants. *Vet. Parasitol.* 139:347–359.
- Soli, F., T. Terrill, S. Shaik, W. Getz, J. Miller, M. Vanguru, y J. Burke. 2010. Efficacy of copper oxide wire particles against gastrointestinal nematodes in sheep and goats. *Veterinary Parasitology*, 168:93-96.
- Soto-Barrientos, N. 2012. Desparasitación selectiva en rebaños de ovinos comerciales de Yucatán. Tesis para obtener el grado de Maestro en Producción Ovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México, Marzo, 2012. pp 25-41.
- Soulsby. 1987. *Parasitología y Enfermedades parasitarias en los animales domésticos* 7ª edición. Edit. Interamericana, México, D.F. pp. 40 - 321.

- Sreter, T., V. Molnar, y T. Kassai. 1994. The distribution of nematode egg counts and larval counts in grazing sheep and their implications for parasite control. *International journal for parasitology*, 24(1):103-108.
- Stafford, K., E. Morgan, y G. Coles. 2009. Weight-based targeted selective treatment of gastrointestinal nematodes in a commercial sheep flock. *Veterinary Parasitology*, 164:59-65.
- Sweeny, J., I. D. Robertson, U. M. Ryan, C. Jacobson, y R. G. Woodgate. 2011. Comparison of molecular and McMaster microscopy techniques to confirm the presence of naturally acquired strongylid nematode infections in sheep. *Molecular and biochemical parasitology*, 180(1):62-67.
- Torres-Acosta, J. F. J., A. J. Aguilar-Caballero, C. Le Bigote, H. Hoste, H. L. Canul-Ku, E. E. España, A. C Vera, R. J. G. Uitz, A. I. Lozano, L. J. Heredia, y S. I. Gutiérrez. 2001. Evaluando un esquema de color de mucosa ocular para diagnosticar la anemia en cabras Criollas en sistemas de producción de Yucatán, México. XVI Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Veracruz, Veracruz, 17-19 de octubre de 2001.
- Torres-Acosta, J. F. J., R. Cámara-Sarmiento, M. Pérez-Cruz, N. Soto-Barrientos, J. I. Chan-Pérez, y J. C. Aguilar-Caballero. 2011. Parásitos Resistentes a los Desparasitantes en los Rebaños Ovinos: ¿Cómo Podemos Controlarlos Ahora? Memorias XVI Congreso Nacional de Producción ovina y VIII Seminario Internacional de Producción de Ovinos en el Trópico., Villahermosa, Tabasco, México.
- Torres-Acosta, J. F. J., D. Jacobs, A. Aguilar-Caballero, C. Sandoval-Castro, M. May-Martinez, y L. Cob-Galera. 2004. The effect of supplementary feeding on the resilience and resistance of browsing Criollo kids against natural gastrointestinal nematode infections during the rainy season in tropical Mexico. *Veterinary Parasitology*, 124:217-238.
- Torres-Acosta, J. F. J., P. Mendoza de Gives, A. J. Aguilar-Caballero, y J. Cuellar-Ordaz. 2012. Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American continent. *Veterinary Parasitology*, 189:89-96.
- Torres-Acosta, J. F. J., M. Pérez-Cruz, H. Canul-Ku, N. Soto-Barrientos, R. Cámara-Sarmiento, A. Aguilar-Caballero, y H. Hoste. (2014). Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Ruminant Research*, (in press).
- Torres-Acosta, J. F. J., M. S. Villarroel-Álvarez, F. Rodríguez-Arévalo, I. Gutiérrez-Segura, y M. A. Alonso-Díaz. 2003. Diagnóstico de nematodos gastrointestinales resistentes a Bencimidazoles e Imidazotiazoles en un rebaño caprino de Yucatán, México". *Rev. Biomed*, 14:75-81.
- Torres-Acosta, J. F. J., R. Cámara-Sarmiento, A. J. Aguilar-Caballero, L. Canul-Ku, y M. Pérez-Cruz. 2009. Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. En: Avances en el

- control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Compilado por: González Garduño R. y Berumen Alatorre A.C. Universidad Autónoma de Chapingo, C.R.U.S.E. Tabasco, México. pp. 50-62.
- Torres-Acosta, J. F. J., y H. Hoste. 2008. Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77:159-173.
- Thrusfield M., C. Ortega, I. de Blas, J. P. Noordhuizen, K. Frankena. 2001. Win Episcopo 2.0: improved epidemiological software for veterinary medicine. *The Veterinary Record*, 148(18):567-72
- Turner, M.J., y J. M. Schaeffer. 1989. Mode of action of ivermectin. In: Campbell, W.E. (Ed.), Ivermectin and Abamectin. Springer, New York, pp. 73–88.
- Van Houtert, M., I. Barger, y J. Steel. 1995. Dietary Protein for young grazing sheep: Interaction with gastrointestinal parasitism. *Veterinary Parasitology*. 60:283-295.
- Van Wyk, A. 2001. Refugia—overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 68(1):55–67.
- Van Wyk, J.A., y G. F. Bath. 2002. The FAMACHA© system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet. Res.* 33:509–529.
- Van Wyk, J. V., J. Cabaret, y L. Michael. 2004. Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified. *Veterinary Parasitology*, 119:277-306.
- Van Wyk, J.A., H. Hoste, R. M. Kaplan, y R. B. Besier. 2006. Targeted selective treatment for worm management—how do we sell rational programs to farmers? *Vet. Parasitol.* 139:336–346.
- Vásquez, H. M., R. González-Garduño, G. Torres-Hernández, P. Mendoza de Gives, y J. M. Ruíz-Rodríguez. 2006. Comparación de dos sistemas de pastoreo en la infestación con nemátodos gastrointestinales en ovinos de pelo. *Vet Méx*, 37(1):15-27.
- Vatankhah, M., M. A. Talebi, y F. Zamani. 2012. Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive and productive traits in Lori-Bakhtiari sheep. *Small Ruminant Research*, 106:105-109.
- Vatta, A. F., P. J. Waller, J. B. Githiori, y G. F. Medley. 2009. The potential to control *Haemonchus contortus* in indigenous South African goats with copper oxide wire particles. *Veterinary parasitology*, 162(3):306-313.
- Waller P.J., F. Echeverria, C. Eddi, A. Nari. Y J. W. Hansen. 2006. The Prevalence of antihelmintic resistance in nematodes parasites of sheep in Southern Latin America: General Overview. *Vet. Parasitol.* 62:181-187.

- Waller, P. J., y S. M. Thamsborg. 2004. Nematode control in a green ruminant production systems. *Trends in Parasitology*, 20:493-497.
- Walia, K.K., y S. Mathur. 1995. Predatory behavior of two nematophagus mites, *Tyrophagus putrescentiae* and *Hypoaspis calcuttaensis*, on root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. *Mediterranean nematology*. 23(2):255-261.
- Walkden, B.S.W., A. F. Colvin, E. Hall, M. R. Knox, D. F. Mackay, y J. M. Scott. 2013. Grazing systems and worm control in sheep: a long-term case study involving three management systems with analysis of factors influencing faecal worm egg count. *Animal Production Science* 53:765–779.
- Whittier, D.W., A. Zajac, y H. S. Umberger. 2009. Control of Parasites in Sheep. Virginia Cooperative Extension. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication 410-027.
- Williams, A. R., y D. G. Palmer. 2012. Interactions between gastrointestinal nematode parasites and diarrhoea in sheep: Pathogenesis and control. *The Veterinary Journal*, 192:279-285.
- Wolstenholmes, A.J., I. Fairweather, Prichard, R. Von Samson-Himmelstjerna, y N. C. Sangster. 2004. Drug Resistance in Veterinary Helminthes. *Trends Parasitol.* 20:469-476.
- Wolstenholme, A. J., y A. T. Rogers. 2005. Glutamate-gated chloride channels and the mode of action of the avermectin-milbemycin anthelmintics. *Parasitology*, 131:85-95.
- Woodgate, R.G. y S. Love. 2012. Worm Kill to Worm Boss Can we sell sustainable sheep worm control? *Vet. Parasitol*, 186:51-57.
- Wursthorn, L. y P. Martín, 1993. Faecal egg reduction test (FECRT). Analysis program. CSIRO, animal health research laboratory. The calculations are based on those published in 'Anthelmintic Resistance': Report of the Working Party for the Animal Health Committee of the SCA. CSIRO, 1989.
- Yacob, H., C. Mistre, A. Adem, y A. Basu. 2009. Parasitological and clinical responses of lambs experimentally infected with *Haemonchus contortus* (L3) with and without ivermectin treatment. *Veterinary Parasitology*, 166:119-123.
- Yazwinski, T.A., L. Goode, D. J. Moncol, G. W. Morgan, y A. C. Linnerud. 1980. *Haemonchus contortus* resistance in straightbred and crossbred Barbados Blackbelly sheep. *Journal of Animal Science* 51(2):279-284.

7. ANEXOS

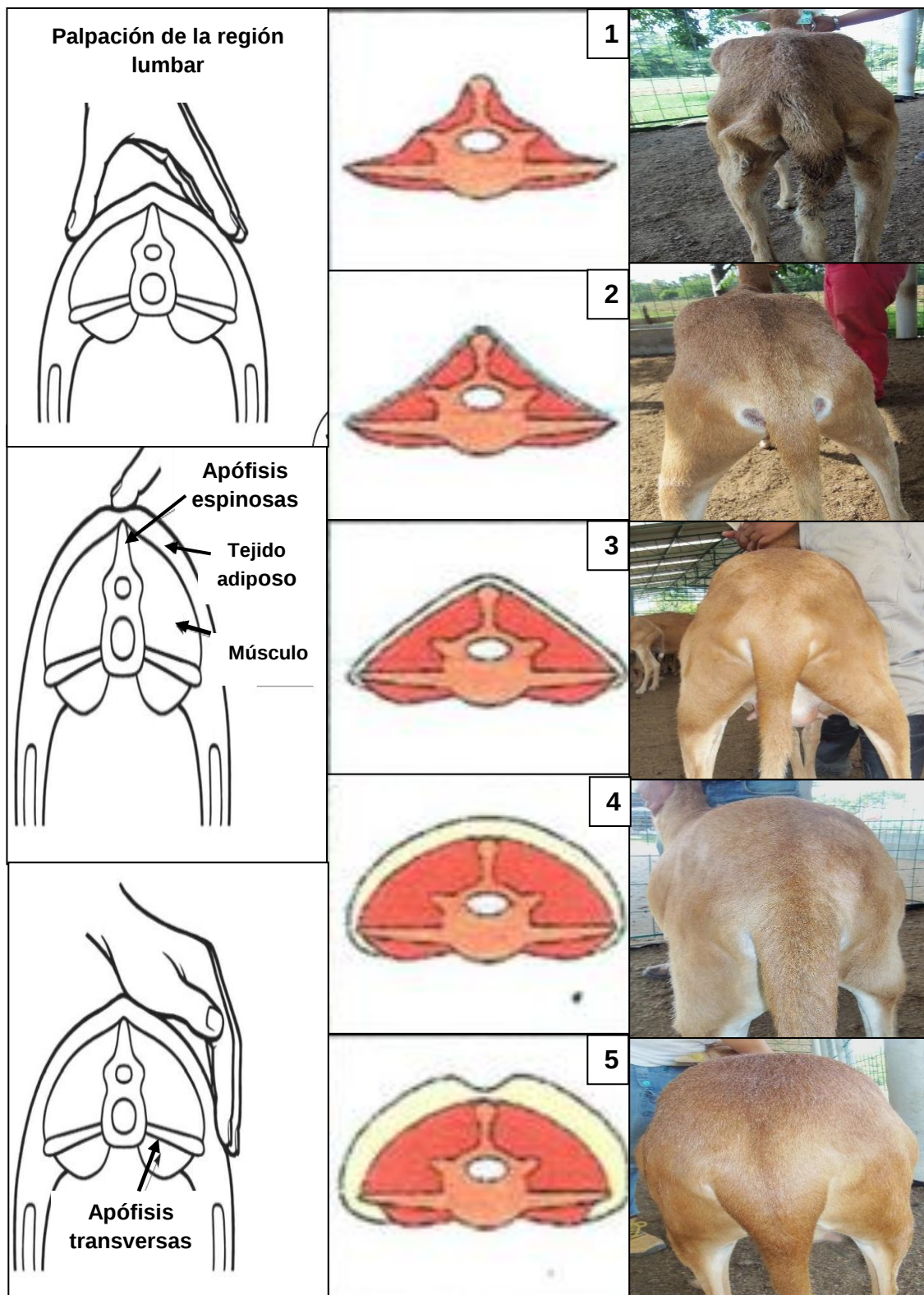
7.1 Anexo 1.

Características zootécnicas y de manejo parasitario de cada rebaño evaluado.

Rancho	Raza explotada	Objetivo de producción	Uso de suplemento alimenticio	Diagnóstico parasitario	Proporción de animales desparasitados (%)	Intervalo entre tratamiento AH (días)	Familia de AH utilizado	Dosis	Asesoría técnica	Observaciones
R1	Black Belly Pelibuey	Venta de corderos	No	No	100	60	Benzimidazoles Lactonas Imidazotiazoles	Estándar (cálculo visual)	Si	Alta densidad de animales pastoreando en un solo potrero
R2	Pelibuey	Venta de corderos y pie de cría	Concentrado	No	100	60	Benzimidazoles Lactonas Imidazotiazoles	Estándar (cálculo visual)	Si	Alta tecnificación (inicia en pastoreo y termina en estabulación total)
R3	Pelibuey	Venta de corderos	Sal mineralizada	Sí 2 veces al año	100	60	Benzimidazoles Lactonas Imidazotiazoles	Estándar (cálculo visual)	Si	Rotación de potreros Separan hembras gestantes y lactantes del resto del rebaño
R4	Black Belly Pelibuey	Venta de corderos Pie de cría	No	No	100	60	Benzimidazoles Lactonas Imidazotiazoles Salicilanilidas	Estándar (cálculo visual)	Si	Constante introducción de animales de registro

7.2 Anexo 2.

Evaluación del grado de la condición corporal en ovinos (Russel, 1991).



7.3 Anexo 3.

Determinación del grado de anemia a través del sistema FAMACHA®
(Van Wyk y Bath, 2002).

Tarjeta FAMACHA®:



Clasificación de los colores de la tarjeta FAMACHA® de acuerdo al rango del porcentaje de hematocrito

Grado	Color de la mucosa palpebral	Rango del porcentaje del hematocrito
1	Rojo	>28 %
2	Rojo-Rosa	23-27 %
3	Rosa	18-22 %
4	Rosa-blanco	13-17 %
5	Blanco	<13 %

Datos según Malan et al. (2001).

