



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA
DE OVINOS EN SILVOPASTOREO EN UN ÁREA
DE BOSQUE DE ENCINO CON PLANTAS BIOACTIVAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A

IVÁN MÉNDEZ MARTÍNEZ

Asesores:

MVZ MPAT. Agustín Roberto Bobadilla Hernández

MVZ MC. Dra. Cintli Martínez Ortiz de Montellano

Lic en Biol. Dra. en CAyRN. Julieta Gertrudis Estrada Flores



Cd. Mx

2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis papás, por su completo apoyo y sacrificio al brindarme educación y diversas herramientas a lo largo de mi formación como profesional y persona.

De igual manera a toda mi familia y a todas esas personas por alentarme a ser mejor persona y seguir mi camino en esto que se llama vida.

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado en primera instancia a mis asesores de tesis, Agustín Roberto Bobadilla Hernández, Cintli Martínez Ortiz de Montellano y Julieta Gertrudis Estrada Flores, por apoyarme en cada momento y presionarme en las etapas más críticas.

Al Dr. Agustín Roberto Bobadilla Hernández por ser mi guía y brindarme la confianza suficiente para lograr mis objetivos.

A mis compañeros del CEIEPASP, Isidro y Roberto por compartir experiencias y conocimientos.

A mis amigos Mario, Miguel, Gabriela, Susana, Edgar Iván, Federico, Graciela, Alfredo y Esteban por hacer más ligero mi camino por la facultad.

A Karla Lucía por enseñarme a encontrar al yo interno que llevaba dormido en mi interior.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MARCO TEÓRICO	3
JUSTIFICACIÓN	23
HIPOTESIS	24
OBJETIVOS	24
MATERIAL Y METODOS	25
RESULTADOS	33
DISCUSIÓN	48
CONCLUSIÓN	54
REFERENCIAS	55
ANEXO	77

INDICE DE ABREVIATURAS

Microhistología vegetal	MHV	Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril	CEIEPASP
Huevos /g de heces	HPG	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	FMVZ
Componente bioactivo	CB	Universidad Nacional Autónoma de México	UNAM
Food and Agriculture Organization of the United Nations	FAO	Hectárea	Ha
Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera	SIAP	Libra	lb
Secretaria de Hacienda y Crédito Público	SHCP	National Research Council	NRC
Nematodo gastrointestinal	NGI	Densidad	De
Larva infectante 3	L3	Frecuencia relativa	Fr
Resistencia antihelmintica	RA	Frecuencia absoluta	Fa
Organización Mundial de Salud Animal	OIE	Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales	ICAR
Metabolito secundario	MSe	Universidad Autónoma del Estado de México	UAEMex
Materia seca	MS	Peso categórico	PCa
Sistema silvopastoril	SSPi	Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica	DNAB
Proteína cruda	PC	Fibra detergente neutro	FDN
Fibra detergente acido	FDA	Polietileno de baja densidad	LDPE
Ganancia diaria de peso	GDP	Peso vivo	PV
Base húmeda	BH		

(I)

RESUMEN

MÉNDEZ MARTÍNEZ IVÁN. Evaluación de la carga parasitaria de ovinos en silvopastoreo en un área de bosque de encino con plantas bioactivas (bajo la dirección de: MVZ, MPAT Agustín Roberto Bobadilla Hernández, MVZ, MC Dra. Cintli Martínez Ortiz de Montellano y Lic en Biol, Dra. en CAyRN Julieta Gertrudis Estrada Flores)

El objetivo del presente estudio fue evaluar la carga parasitaria de ovinos en dos sistemas de alimentación (pastoreo y silvopastoreo). Se utilizaron 10 borregas adultas ($65.65 \pm 5.8\text{kg}$ de peso vivo con una edad promedio de 4.25 años) a las cuales se les asignó inicialmente un área de pradera Rye grass (*Lolium perenne*)-Trebol blanco (*Trifolium repens*), y consecutivamente, un área de silvopastoreo en el estrato bajo de un bosque de encino. En esta última etapa, se obtuvieron muestras de las especies vegetales consumidas por el método de Hand-Plucking, las cuales se registraron en un inventario fotográfico y se identificaron mediante un herbario del MEXU. Exclusivamente en el área de silvopastoreo se realizó un inventario florístico mediante muestreo aleatorio tridimensional, en el cual se calculó la frecuencia y densidad de las especies vegetales presentes. Se obtuvieron muestras individuales de heces para determinar la carga parasitaria diaria por el método de McMaster y el consumo de las especies vegetales por el método de microhistología vegetal en heces (MHV). Se realizó una correlación de Pearson para medir la intensidad de la relación entre huevos/g de heces (HPG) y el porcentaje de taninos. Además un análisis de varianza de una vía ANOVA para probar las diferencias entre categorías de peso vivo y los niveles de carga parasitaria. La correlación de Pearson entre HPG y el porcentaje de taninos ($p=0.0001$) no es significativa, debido probablemente a la cantidad de componentes bioactivos (CB) en las especies vegetales consumidas ($<0.7\%$) y su ingestión diaria (0.02%). Existe una diferencia significativa entre los niveles de peso categórico (ligeros, medios y pesados) y la infección parasitaria, independiente a la etapa de alimentación.

1. INTRODUCCIÓN

En sistemas de producción con rumiantes domésticos en pastoreo, gran parte de las pérdidas económicas es causada por el parasitismo, comprometiendo los parámetros productivos, eficiencia reproductiva y bienestar animal (Mavrot *et al.*, 2015; Githigia *et al.*, 2001).

A lo largo de los años se han desarrollado diferentes estrategias para el control parasitario, sin embargo, una de las más usadas es la quimioprofilaxis. Esta opción no ha tenido un buen manejo y su uso indiscriminado aumenta la probabilidad de resistencia parasitaria (Kaplan, 2004).

Actualmente el uso de plantas ricas en componentes bioactivos con propiedades antihelmínticas, surge como alternativa viable para reducir la carga parasitaria y a su vez, ofrece parte de los requerimientos nutricionales diarios (Hoste *et al.*, 2008). Estas plantas han sido evaluadas en monocultivos con experimentos *in vitro* e *in vivo*, sin embargo gran parte se encuentran en sistemas silvopastoriles los cuales en la mayoría de los casos, son muy diversificados en cuanto a estratos de consumo (Re *et al.*, 2018).

Por lo tanto la implementación de estos sistemas, puede ser una opción de producción que implique un control parasitario en un marco de técnicas *ad hoc* a productores pecuarios, el cual mejore la nutrición animal y reduzca el uso anual de fármacos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN OVINA

La producción ovina se desarrolla comúnmente en pastoreo; lo cual permite disminuir los costos de producción y mejorar la calidad nutricional de la carne (FAO, 2010). La producción de carne de ovino muestra a China con una participación mundial del 24%. Otros países como Australia, Nueva Zelanda, Sudán, Turquía, Reino Unido, Algeria, India, Nigeria y Estados Unidos aportan un porcentaje significativo mayor al 2% (Colby, 2015).

De acuerdo a *World Sheep Meat Market to 2025* el crecimiento global de la producción (desde el año 2000) promedia 0.8% anual, menor al 0.9% de la carne vacuna (Colby, 2015). Ahora bien, en regiones del Norte de África, Medio Oriente, India y algunas partes de Europa el cordero representa la proteína primaria.

En el caso de México, el inventario ovino se elevó de 7,287,446 cabezas, en 2006, a 8,710,781 en 2015 (SIAP, 2015); lo que representa aportar el 70% de la carne ovina consumida, teniendo un mercado interno potencial de unas 30,000 toneladas anuales. En los últimos reportes en 2017 la producción se cuantificó en 119,940 toneladas de animales en pío, lo cual contrasta con la cantidad de carne en canal (61,606 toneladas) (SIAP, 2017). Particularmente en el Municipio de Chapa de Mota, donde la ovinocultura representa una parte importante de su economía, en 2017 se registró una producción de 360 toneladas de animales en pío, donde el promedio de cada animal es de 44 kg (SIAP, 2017).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA EN EL MUNDO

La gran mayoría de sistemas de producción ovina en el mundo se clasifican a partir de cinco características básicas presentes o ausentes en tres sistemas: intensivos, extensivos e intermedios (Cuadro 1). (Buxadé, 1996).

Cuadro 1. Características de los principales sistemas de producción ovina en el mundo (Adaptado de Buxadé 1996).

Sistema de producción	Alimentación	Reproducción	Sanidad	Instalaciones	Rentabilidad
Extensivo	Pastoreo con escasa alimentación complementaria	Baja eficiencia y prolificidad (un parto al año)	Nula	Poco funcionales	Depende del costo de mano de obra por animal y la época de partos
Semi-extensivo	Pastoreo con alimentación complementaria por la noche y durante la lactancia dependiendo de la disponibilidad de recursos	Existe planificación	Eficiente aunado al manejo general	Propias y funcionales	Elevada en función al rendimiento laboral
Semi-intensivo	Pastoreo rotacional con alimentación complementaria al final de la gestación y lactación	Correcta planificación coordinada con la alimentación y buena intensificación (1.2 partos/año)	Correcto manejo sanitario	Diseños acordes a manejos específicos	Elevada, dado al aprovechamiento de los recursos naturales y económicos
Intensivo	Estabulación total con manejo de dietas acordes a cada etapa fisiológica	Elevada planificación y eficiencia reproductiva (más de 1.3 partos al año)	Elevado control	Elevada funcionalidad	Dependiente del costo de alimentación y rendimiento laboral

2.2.1 Características de la producción ovina en México

En México existen 53 mil unidades de producción de ganado ovino, de las cuales, cerca del 60% reportan ventas de ganado (SHCP-FND, 2015). En este sentido las exportaciones de carne de ovino no son significativas, sin embargo las importaciones han descendido 15% anual llegando en 2014 a 11 mil toneladas.

Gran parte de las unidades de producción ovina se distribuyen en diferentes regiones: 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23 % en el norte. En la zona centro se producen carne y pieles con razas como Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Dorset, Katahdin, Dorper y Pelibuey; En la región sur-sureste se produce carne con ovinos Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper; y destacan la producción de lana con animales criollos en Oaxaca y Chiapas; mientras la zona norte se dedica a la producción de carne con ovinos de raza Pelibuey, Katahdin y Dorper.

Por otro lado los sistemas de producción que se manejan son intensivo, semi-intensivo y extensivo; clasificándolos también por condiciones económicas en comerciales y de autoconsumo (Partida de la Peña *et al.*, 2013).

2.3 IMPORTANCIA DEL PARASITISMO EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

El impacto económico negativo en la producción pecuaria a causa de nematodos gastrointestinales (NGI) es consecuencia principalmente del gasto en medidas preventivas y descenso en los indicadores productivos (Quiroz *et al* 2011). Cubillán *et al.* (2005) menciona que las consecuencias más representativas en la producción

son el retardo en la ganancia de peso y el peso necesario para que se presente pubertad, siendo parámetros claves para el abasto y repoblación. Esto ha sido detonante para cuantificar las pérdidas económicas y evaluar la viabilidad de diferentes estrategias de control en diversos escenarios (Lopes *et al.*, 2015).

En cifras se menciona que esta condición genera pérdidas en el 50% de las granjas de rumiantes domésticos a nivel global (Charlier *et al.*, 2014). Como ejemplo, en Gran Bretaña, hay una pérdida por 84 millones de euros/año debido al parasitismo provocado por NGI (Nieuwhof *et al.*, 2005), a diferencia de países como Australia donde el costo anual asociado a este tipo de eventos en ovinos y bovinos se estima en 1 billón de dólares (Roeber *et al.*, 2013). En México no se cuenta con datos suficientes para estimarlo en pérdidas monetarias.

2.3.1 Efecto del parasitismo en los parámetros productivos

Las consecuencias del parasitismo dependen de la diversidad parasitaria presente y la intensidad de infestación (Mavrot *et al.*, 2015). En rumiantes el parasitismo provocado por NGI genera diversos signos clínicos en los cuales destacan la pérdida de peso vivo, anemia, diarrea y pérdida de proteínas plasmáticas (Coop *et al.*, 1999).

En términos generales Sykes (1994), indica que el impacto sobre la producción individual se da por cinco factores: (1) la gravedad del desafío parasitario; (2) la eficacia de la respuesta inmune del huésped; (3) el periodo de exposición que permite el desarrollo de la respuesta inmune; (4) el efecto sobre el metabolismo del huésped susceptible; y (5) el costo metabólico de la respuesta inmune.

Esta condición afecta la producción de especies con diferentes fines zootécnicos; un ejemplo de esto es el estudio comparativo realizado por Cobon et al. (1992) en el cual se demuestra que en ovejas parasitadas artificialmente con 3000 larvas infectantes (L3) de *Haemonchus contortus*, se reduce la ganancia de peso y la producción de leche, afectando indicadores productivos de las crías y aumentando la mortalidad hasta un 26% en comparación al grupo de ovejas tratadas con un desparasitante comercial. En ovinos de zonas tropicales se registra una mortalidad de 40% debido a pérdidas de peso (6-12 kg/año/animal) (Githigia et al., 2001).

En el caso de la producción de lana se ha demostrado que ovinos infectados con *Haemonchus contortus* producen menos lana y de menor calidad que animales clínicamente sanos (Albers et al 1989).

2.4 RESISTENCIA ANTIHELMÍNTICA

Actualmente uno de los problemas que ha orillado a la comunidad científica a comprender más sobre la prevalencia en las infecciones de NGI en rumiantes, a pesar de la generación de nuevas formas de control química, es denominado resistencia antihelmíntica (RA), la cual es una habilidad de ciertos individuos dentro de una población, capaces de tolerar concentraciones de compuestos que serían letales para la especie (Coles et al., 2006). Esta habilidad es clave para comprender la presencia de poblaciones parasitarias, su adaptación, dinámica y sobre todo, la necesidad de buscar métodos alternativos para su control.

2.4.1 Riesgos vigentes de resistencia antihelmíntica

Las enfermedades causadas por NGI, son económicamente importantes en

sistemas de pastoreo intensivo, en los cuales hay mayor incidencia y donde el productor depende de la quimioprofilaxis e ignora prácticas como el saneamiento y la nutrición (Craig, 2006).

En los NGI la resistencia es creada durante la quimioprofilaxis al sobrevivir un pequeño número de parásitos. Esta porción de parásitos adultos resistente, genera a su vez larvas infectantes más resistentes, por lo que se considera una condición de carácter hereditario (Papadopoulos, 2008).

Debido a esto, existen NGI de importancia veterinaria con características genéticas que favorecen la resistencia antihelmíntica (Kaplan, 2004). Muchos de estos parásitos contienen modificaciones en su información genética, que son determinantes en la resistencia (Gilleard, 2006; Shalaby, 2013), lo cual ha sido una evidencia más sobre un problema complejo, que requiere mayor enfoque en el desarrollo de la detección temprana y aplicación de estrategias que disminuyan su diseminación.

A partir de los años 60, la presencia de RA se ha convertido en un problema de importancia en la producción de pequeños rumiantes (Kaplan, 2004; Várady *et al.*, 2011). Los primeros reportes de RA se centran en *Haemonchus contortus* el cual se determinó resistente principalmente a la Fenotiazina en ovinos (Várady *et al.*, 2011; Kaplan, 2004; Fleming *et al.*, 2006). Sin embargo, actualmente en pequeños rumiantes ha sido detectada en todos los continentes contra todos los antihelmínticos disponibles (Sutherland *et al.*, 2011; Kaplan, 2004).

En una visión general, la FAO analizó información en la cual se menciona, que el

55% de 77 países miembros de la OIE (n= 151) tiene problemas de RA; el 22% de estos países, presentan dos o más especies con RA (Nari *et al.*, 2003).

En el caso de América, Torres-Acosta *et al.* (2012) menciona que existe una alta frecuencia de RA en diferentes países como Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay, Estados Unidos, México y Costa Rica en los cuales la aplicación de fármacos es el método de control más utilizado.

En México, este fenómeno es demostrado por diversos autores en diferentes especies de NGI (Torres-Acosta *et al.*, 2003; Alcalá *et al.*, 2016; Torres-Acosta *et al.*, 2012; Muñiz *et al.*, 2015). Uno de estas investigaciones fue realizada por Torres-Acosta *et al.* (2003) en la cual se evaluó la RA en 38 rebaños de ovinos en tres municipios del estado de Yucatán, encontrando prevalencia de RA a Bencimidazoles en 6 de estos rebaños.

Por tal razón, es evidente iniciar con la implementación de nuevas alternativas de control parasitario, que impliquen el uso de tectologías aplicables a diferentes situaciones y modificarlas dependiendo del usuario.

2.5 METODOS DE CONTROL ALTERNATIVOS

A partir del descenso en la eficacia de los antihelmínticos convencionales, surge un nuevo interés en la búsqueda de métodos alternativos viables (Waller, 2006; Waller, 2003; Stear *et al.*, 2007). Actualmente estos métodos se centran principalmente en: 1) la disminución de contaminación con larvas infectantes en áreas de pastoreo, 2) la estimulación de la inmunidad en el huésped mediante la nutrición y el desarrollo de vacunas, 3) la selección genética de individuos resistentes, 4) el control biológico

mediante hongos nematófagos, 5) los tratamientos selectivos 6) el uso de plantas ricas en componentes bioactivos (Sayers *et al.*, 2005).

Este último método de control ha sido blanco de diferentes investigaciones alrededor del mundo (Hördegen *et al.*, 2003; Athanasiadou *et al.*, 2007; Hoste *et al.*, 2008; Durmic *et al.*, 2012; Sandoval-Castro 2012) representando una salida viable de la dependencia de productos químicos. En México se han identificado plantas con estas cualidades, las cuales en su mayoría son de clima tropical (Vargas-Magaña *et al.*, 2014; Hoste *et al.*, 2012; Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al.*, 2010; Alonso-Díaz *et al.*, 2010). Con base en lo anterior el presente trabajo se basa en la búsqueda de nuevas fuentes para disminuir la quimioprofilaxis enfocadas en un sistema de alimentación como el silvopastoril.

2.5.1 Componentes bioactivos en plantas

Las plantas han desarrollado mecanismos de defensa en respuesta a factores estresantes de tipo ambientales (Mazid *et al.*, 2011). Gran parte de estas adaptaciones, comprenden la producción de metabolitos secundarios (MSe), los cuales cumplen un rol importante en la defensa contra herbívoros, microorganismos y múltiples respuestas a condiciones medio-ambientales adversas (Akula *et al.*, 2011; Edreva *et al.*, 2008; Bourgaud *et al.*, 2001).

De acuerdo a Croteau *et al.* (2000) los MSe de las plantas se dividen en tres categorías: terpenoides (25000 tipos) alcaloides (12000 tipos) y fenilpropanoides (8000 tipos). Los MSe varían su concentración entre especies vegetales (Achakzai *et al.*, 2009; Wink, 2003). Su mayor distribución y acumulación se encuentra en

tejidos de constante crecimiento como hojas, flores y semillas (Bourgaud *et al.*, 2001; Achakzai *et al.*, 2009).

Estos también son llamados componentes bioactivos (CB), ya que tienen efectos farmacológicos y toxicológicos en el hombre y los animales (Bernhoft, 2010). Dichos componentes que en la naturaleza tienen usos esenciales y no esenciales (por ejemplo, vitaminas o polifenoles) forman parte de la cadena alimentaria y pueden tener un efecto positivo sobre la salud de los seres vivos (Biesalski *et al.*, 2009).

En este sentido, al ser consumidos por ciertos organismos, muchos de estos CB interactúan con moléculas y objetivos celulares, incluyendo enzimas, receptores hormonales, neurotransmisores y transportadores de membrana; por lo que se puede alterar el funcionamiento en tareas específicas (Acamovic *et al.*, 2005).

Esto hace que exista una mayor complejidad en la respuesta hacia los CB por parte de macro y microorganismos, ya que tendría que existir una defensa hacia diversos objetivos, a diferencia de compuestos químicos (por ejemplo un quimioproláctico) que alteran un funcionamiento en particular (Acamovic *et al.*, 2005).

Por tal razón hoy en día, una de las inquietudes más grandes es el comprender cuál es el mecanismo de acción de estos CB sobre NGI y posteriormente, implementarlos en situaciones específicas de acuerdo a evaluaciones coproparitoscópicas y de salud.

2.6 USO DE COMPONENTES BIOACTIVOS PARA EL CONTROL DE NGI

Desde tiempo atrás, existe la evidencia del uso de plantas y sus extractos como fitoterapéuticos para el control de NGI (Githiori *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2001).

Estos también son conocidos como nutraceuticos; lo cual se refiere a sustancias de naturaleza no farmacológica que se purifican o extraen, con la intención de mejorar la salud y el bienestar (Bauer, 2001; Pieroni *et al.*, 2004).

Hasta hace algunos años estos efectos en su mayoría solo son descritos de forma observacional y anecdótica (Athanasidou *et al.*, 2007). Sin embargo, ya se ha empezado con numerosas investigaciones para conocer más de cerca sus mecanismos de acción, interacción con otros componentes, validación y estandarización (Hoste *et al.*, 2008; Sasidharan *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2001).

Dentro de los componentes que se tiene identificados con una acción antihelmíntica destacan: Glucósidos, Aromáticos, Flavonoides, Taninos, Terpenos y Alcaloides (Bernhoft, 2010). Para su investigación, básicamente existen dos métodos: 1) al proveer de plantas a diferentes especies animales natural o experimentalmente infectados, cuantificando los cambios de acuerdo al consumo, 2) a través de sistemas *in vitro* e *in vivo* comprobando la efectividad de los extractos (Athanasidou *et al.*, 2007; Hoste *et al.*, 2008). Gracias a este tipo de metodologías, en todo el mundo se han encontrado innumerables reportes de plantas que contienen componentes bioactivos, capaces de alterar significativamente la biología y funcionamiento de NGL's para su control.

Muchas de estas plantas son leguminosas de clima templado (Manolaraki *et al.*, 2010; Min *et al.*, 2003; Hoste *et al.*, 2006) en la cuales destacan: *Onobrychis viciifolia* (Heckendorn *et al.*, 2006; Paolini *et al.*, 2003; Athanasidou *et al.*, 2005; Barrau *et al.* 2005) *Lotus pedunculatus* (Niezen *et al.* 1998; Athanasidou *et al.*, 2005; Otero *et al.*, 2004) *Lotus corniculatus* (Marley *et al.*, 2003; Ramírez *et al.*, 2005,

Heckendorn *et al.*, 2007) *Lespedeza cuneata* (Terrill *et al.*, 2007), *Cichorium intybus* (Marley *et al.*, 2003; Heckendorn *et al.*, 2007).

Sin embargo, también se incluyen otras especies de clima tropical como: *Lysiloma latisiliquum* (Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2018; Brunet *et al.*, 2008), *Leucaena leucocephala* (Ademola *et al.*, 2006; Von Son-de Fernex *et al.*, 2015; Alonso-Díaz *et al.*, 2011) y árboles aprovechados en la producción pecuaria; *Rubus fruticosus*, *Quercus robur*, *Corylus avellana* (Paolini *et al.*, 2004), *Quercus semecarpifolia* y *Quercus leucotricophora* (Raju *et al.*, 2015).

En un enfoque productivo, este método de control a largo plazo ofrece 2 ventajas fundamentales: 1) la independencia de los productores a medicamentos antihelmínticos de naturaleza sintética, 2) la disminución de RA dado al uso indiscriminado de estas moléculas (Hoste *et al.*, 2008).

En México existen muchos indicios del uso de estas plantas como tratamiento de diversas enfermedades. Sin embargo, fue hasta el siglo XVI, cuando se inició con la generación de búsqueda y registro de plantas con beneficios terapéuticos (Bejar *et al.*, 2000). Actualmente se han realizado investigaciones con diferentes especies de plantas ricas en CB, enfocadas al control de NGI, las cuales afectan diferentes fases en su ciclo de vida. (Hoste *et al.*, 2012; Vargas-Magaña *et al.*, 2014; Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al.*, 2010; Von Son-de Fernex *et al.*, 2015; Alonso-Díaz *et al.*, 2011). Esto aumenta la probabilidad de encontrar nuevas fuentes de CB a lo largo del país, que podrían ser utilizadas en forma de extractos o de manera directa o *in situ*.

2.6.1 Mecanismo de acción contra parásitos gastrointestinales

Las propuestas sobre los mecanismos de acción de plantas ricas en CB sobre el control de NGI, han sido tema de controversia en la comunidad científica debido a su complejidad. Actualmente se han descrito que los CB tienen mecanismos de acción directos e indirectos contra NGI (Martinez-Ortiz-de-Montellano 2010, Hoste *et al.*, 2012).

Los efectos directos y su cuantificación, se han descubierto en su mayoría sobre experimentos *in vitro* e *in vivo*, en los cuales se observa que hay una afectación por parte de ciertos CB's en la morfología, fisiología y por lo tanto, en procesos biológicos importantes de NGI's en diferentes etapas (Hoste *et al.*, 2012; Hoste *et al.*, 2006).

Uno de los CB's más estudiados por presentar este tipo de efectos son los taninos, los cuales son metabolitos secundarios clasificados como polifenoles con un peso molecular que va de los 500 a 3000 Da (Hassanpour 2011). Estos a su vez estructuralmente son subclasificados como hidrosolubles y condensados.

Dentro de sus propiedades químicas más importantes, se encuentra la capacidad de formar complejos solubles e insolubles con moléculas como proteínas, fibra y almidones que son reversibles a pH específico (Hoste *et al.*, 2006; Makkar 2003).

En este sentido, los NGI's son blanco de estos CB al contener proteínas y diversas moléculas de esta naturaleza en su morfología (Hoste *et al.*, 2012). En experimentos *in vitro* se han observado sus efectos en diversas etapas de crecimiento; en larvas infectantes (L3) de *Haemonchus contortus* se ha demostrado que la exposición con

extractos de leguminosas tropicales, intervienen con el proceso de muda (Von Son de Fernex *et. al* 2012, Alonso-Díaz *et. al* 2008).

Por otro lado los taninos también afectan la eclosión de huevos de nematodos y la migración larvaria (Alonso-Díaz *et. al* 2008, Yoshihara *et. al* 2014).

En observaciones más detalladas, un estudio realizado por Brunet *et. al* (2011) utilizando extracto de Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) en contacto con larvas infectantes de nematodos (L3), provoca alteraciones en hipodermis, presencia de vesículas en citoplasma, degeneración y muerte de células musculares e intestinales.

En el caso de NGI's adultos, se ha demostrado que extractos de plantas ricas en taninos, provocan alteraciones en cutícula, cápsula bucal y obstrucción de vulva y ano, lo cual afecta su motilidad, nutrición, reproducción y excreción (Martínez Ortiz de Montellano *et al.*, 2013). En experimentos *in vivo* se ha demostrado que extractos de Quebracho (*Schinopsis sp*) ricos en taninos (8 y 16%), administrados a ovinos por vía oral por 3 días consecutivos, reduce significativamente ($p < 0.05$) el parasitismo (Athanasiadou *et al.*, 2001).

En cuestión a los efectos indirectos, estos son propuestos en base a las consecuencias inmunológicas que existen al consumir ciertos CB (Hoste *et al.*, 2012).

El principal ejemplo de esto es el consumo de taninos por parte de rumiantes, ya que de acuerdo a lo ya mencionado en sus características, estos CB se unen a proteínas (las cuales pueden ser de origen dietético), protegiéndolas de la

degradación ruminal, lo cual, aumenta su disponibilidad en intestino delgado (Mueller *et al.*, 1992) y mejora la respuesta inmune contra parásitos (Coop *et al.*, 1996).

Sin embargo de acuerdo al punto anterior se debe considerar que a pesar de que estos CB tienen propiedades antihelmínticas, también tienen efectos que repercuten en la salud de los rumiantes que las consumen, al interactuar con el metabolismo y nutrición (Athanasiadou *et al.*, 2004).

2.6.2 Efectos de compuestos bioactivos en rumiantes

Como ya se mencionó, estos componentes representan para los tejidos vegetales un método de defensa contra herbívoros, esto los clasifica en dos grupos; 1) toxinas: los cuales están en concentraciones bajas pero que son letales; 2) antinutricionales: por estar en grandes cantidades pero que no representan un riesgo (Kimball *et al.*, 2003).

Al ser consumidos los CB's, interactúan con tejidos, enzimas y otros compuestos dentro del animal. Sin embargo, esta interacción durante procesos de absorción, deposición, metabolismo y excreción dependen de sus características y susceptibilidad a ser transformados (Acamovic *et al.*, 2005).

En el momento de su ingestión estos automáticamente entran en contacto con la saliva, la cual puede contener niveles elevados de proteína rica en prolina u otros componentes que se unen a CB's (Shimada, 2006). Esto representa una adaptación fisiológica por parte del animal para inactivar o modular sus efectos (Shimada, 2006, Alonso-Díaz *et al.*, 2010).

Más adelante al llegar a rumen, los CB tienen diversos efectos sobre los microorganismos, en su mayoría de tipo microbicida y microstatico (Bodas *et al.*, 2012). Dentro de estos; las saponinas, taninos y aceites esenciales (monoterpenos) presentan actividad antiprotozoaria y antibacteriana (en su mayoría contra Gram positivas) (Hristov *et al.*, 2003; Killeen *et al.*, 1998; McSweeney *et al.*, 2001). Este comportamiento disminuye la metanogénesis, a diferencia de los flavonoides y aceites esenciales que tienen efectos directos sobre metanógenos (Patra *et al.*, 2010), reduciendo la acción peptidolítica de bacterias e inhibiendo su crecimiento (Wallace, 2004).

Esto fue demostrado por Bodas et al. (2008), en donde evaluando 450 especies de plantas como aditivos antimetanogénicos, 35 disminuyeron la producción de metano en un 15% y con 6 la depresión fue de 25%, sin efectos en la digestibilidad, gas total y producción de ácidos grasos volátiles.

Sus efectos en la flora ruminal también influyen de manera proporcional en la degradación de sustratos y digestibilidad del alimento. Sin embargo, existen CB que tienen una acción directa en proteínas del alimento y alteran su aprovechamiento. Niveles de taninos superiores a 50 g /kg MS en forrajes, puede reducir la digestibilidad de proteínas y MS. Por otro lado, niveles bajos o moderados de taninos, incrementan la cantidad de proteínas dietéticas, especialmente aminoácidos esenciales que fluyen hacia el intestino delgado (McMahon *et al.*, 2000).

Todas estas consecuencias inicialmente son medidas por el consumo de CB y su aceptación. En condiciones de campo estos compuestos hacen que los rumiantes

seleccionen o rechacen determinadas especies vegetales, debido a la diversidad bioquímica de las plantas que se tenga disponibles, al resultado de la integración de experiencias y las reacciones que resultan de su ingestión, ya que muchos CB provocan aversiones por lo tanto se disminuye su consumo (Provenza *et al.*, 2003).

Sin embargo, esta cuestión también es relacionada a que los rumiantes tienen preferencias de acuerdo al contenido nutricional del alimento ofertado (Provenza *et al.*, 2003) que a su vez interactúan de manera espacial y temporal con diferentes CB, haciendo que haya variabilidad en su consumo (Villalba *et al.*, 2002). En este sentido, al ofertar una gran variedad de especies vegetales, también se tiene una mayor cobertura de elección, diversidad y concentración en CB's (Burritt *et al.*, 2000).

Por lo tanto en sistemas donde hay una gran diversidad de fuentes de alimento (como los silvopastoriles), los animales pueden expresar sus necesidades nutricionales y regular los niveles de CB's de manera individual, a comparación de sistemas con monocultivos en donde no hay alternativas para la automedicación (Provenza *et al.*, 2003).

2.6.3 El sistema silvopastoril

A grandes rasgos el sistema silvopastoril (SSPi) se rige por: a) una base estructural: que es la organización de los componentes, disposición espacial, estratificación vertical y utilización de cada uno de ellos; b) base funcional: refiriéndose a la función del componente leñoso; por ejemplo, cortinas rompevientos o cinturones de protección; c) base socioeconómica: refiriéndose a la gestión de insumos y objetivos comerciales (subsistencia, comercial, intermediario) y d) base ecológica:

describiendo a la condición ambiental y a la idoneidad ecológica de los sistemas (Nair, 1993). De acuerdo al primer punto, el SSPi se considera una combinación entre plantas leñosas (árboles y arbustos), plantas herbáceas y animales (Nair, 1991), los cuales colaboran en el ciclaje de los nutrientes, crecimiento de árboles, compactación del suelo y diseminación de semillas (Devendra *et al.*, 2002).

Sin embargo uno de los principales usos radica en la producción animal donde se aprovechan diversos estratos vegetales (Sánchez *et al.*, 1999). En este sistema la presencia de forraje con niveles elevados en nitrógeno y proteína de sobrepaso (Sánchez *et al.*, 1999) permite a los animales variar su consumo (Provenza, 1996) y mejorar el comportamiento en los indicadores productivos. Por tal motivo, surge como una opción de producción pecuaria con una visión integral (Somarriba, 1992).

Como prueba de esto en Colombia y México se ha encontrado una elevada producción de carne en silvopastoreo por unidad de superficie (800 a >1500 kg/ha/año) así como buenos rendimientos en canal y producción de carne magra de bovino (Corral *et al.*, 2011).

En el caso de la producción de pequeños rumiantes bajo este tipo de sistemas, los caprinos han tenido mayor observación de este aprovechamiento, debido al comportamiento de ramoneo y a la alta selectividad en campo (Caballé *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2011).

En el caso de ovinos, no se ha evaluado aun cual es la ganancia productiva a excepción de sistemas en condiciones tropicales, donde los bancos de proteína son los más comunes (Palma, 2006).

Como ejemplo, leucaena (*Leucaena leucocephala*) asociada a pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en un SSPi intensivo, permite obtener mayor carga animal comparado con el pastoreo, lo que asegura la oferta de forraje en épocas de menor disponibilidad y se obtienen indicadores productivos ideales en ovejas Pelibuey (Ortíz *et al.*, 2014).

Por otra parte se ha revisado que no solo se obtienen beneficios en cuanto al aprovechamiento forrajero, si no también proporcionan condiciones de termoneutralidad que ayudan a la expresión genética (Panadero, 2010).

En México, se cuenta con diferentes recursos arbóreos y arbustivos que al combinarse con la ganadería, ofrecen gran variedad de SSPi (Palma *et al.*, 2011). Se han creado diferentes adaptaciones del SSPi en diferentes condiciones climáticas; en el sur, los productores manejan cultivos de maíz y frijol junto con el manejo forestal; en condiciones de trópico seco, evaluando el crecimiento de dos leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala* y *Leucaena glauca*), se obtiene un aumento en la biomasa en asociación de gramíneas (*Brachiaria brizantha*) y leguminosas rastreras (*Clitoria ternatea*) (Bugarín *et al.*, 2009). En contraste, producciones de forraje en zonas con recursos hídricos limitados han demostrado tener buenos resultados. En zonas degradadas de Chihuahua, México, SSPi con mezquite (*Prosopis spp*), pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*), chamizo (*Atriplex canescens*) y obras para captar agua de lluvia, han obtenido buenos rendimientos productivos y ecológicos (Ríos *et al.*, 2012)

Por otro lado también arboles no leguminosos son una opción para el aprovechamiento. En el sur del Estado de México, Olivares *et al.* (2016) ha

demostrado que *Guazuma ulmifolia* y *Crescentia alata* pueden ser una opción de producción en SSPi por su preferencia y usos múltiples.

En zonas de clima templado no se han tenido muchos reportes de la implementación de estos sistemas. En un estudio se demostró que fuentes de follaje como *Buddleia cordata*, *Montanoa leucantha subsp. Arborescens*, *Erythrina chiapasana*, *Quercus rugosa* y *Alnus acuminata var. arguta* han presentado una alta producción de biomasa, alto contenido de proteínas y buena digestibilidad (Nahed *et al.*, 1998), representando un amplio campo de investigación.

2.6.4 Silvopastoreo con plantas bioactivas

Se han realizado evaluaciones *in vivo* de plantas bioactivas con diferentes sistemas de alimentación. Los efectos antihelmínticos de *Onobrychis viciifolia* y *Lespedeza cuneata* han sido comprobados en condiciones de alimentación con pastoreo (Mechineni *et al.*, 2014), heno (Paolini *et al.*, 2005; Shaik *et al.*, 2006; Werne *et al.*, 2013), ensilado (Heckendorn *et al.*, 2006; Werne *et al.*, 2013) y pellets (Terrill *et al.*, 2007; Gujja *et al.*, 2013; Kommuru *et al.*, 2014). Sin embargo, existen pocas evidencias de su aplicación en conjunto con SSPi.

Ciertos estudios se han enfocado a estrategias indirectas para aumentar la resiliencia y resistencia del huésped. En un estudio realizado por Retama-Flores *et al.*, (2012) se evaluó el efecto de la suplementación con maíz sobre el comportamiento ingestivo y la resiliencia a NGI de ovejas de pelo en SSPi, concluyendo que el suplemento de maíz en conjunto con SSPi, es una estrategia indirecta para controlar los NGI.

Especies utilizadas en SSPi como *Leucaena leucocephala*, la cual tiene efecto antihelmíntico directo e indirecto, solo ha sido evaluada en sistemas in vitro e in vivo (Alonso-Díaz *et al.*, 2011) en monocultivos, pero no de manera integral con otras especies vegetales.

Por tal motivo el presente estudio busca analizar la viabilidad del uso de especies vegetales nativas en un sistema silvopastoril con ovinos, para el control responsable de NGI's disminuyendo el uso de quimioprofilácticos comerciales y sus posibles consecuencias en el futuro.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente una creciente demanda de alimentos de origen animal a causa del aumento en la población ha sido el principal punto de partida para el desarrollo de sistemas de producción pecuaria más eficientes.

El parasitismo a causa de NGI, se ha convertido en un problema de carácter mundial que afecta principalmente a producciones de rumiantes en pastoreo, ya que impacta directamente en los parámetros productivos. Debido a esto, se han desarrollado métodos de control químicos los cuales son ampliamente utilizados por su bajo costo y elevada disponibilidad. Sin embargo, el uso indiscriminado ha provocado resistencia por parte de NGI a estos productos, provocando un descenso en su efectividad. Por tal motivo se ha visto necesaria la búsqueda y desarrollo de nuevos métodos de control libres de estos productos los cuales sean viables y compatibles con sistemas de producción sustentables.

4. HIPÓTESIS

El consumo de vegetación nativa por ovinos en silvopastoreo disminuirá la eliminación de huevos de NGI.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar la carga parasitaria de ovinos en pastoreo y silvopastoreo para determinar si hay efecto antihelmíntico, debido al consumo de especies nativas en bosque de encino y su contenido de componentes bioactivos.

5.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la eliminación de huevos de nematodos gastrointestinales en ovinos alimentados bajo un sistema de pastoreo y silvopastoreo para observar la dinámica en la carga parasitaria.
- Identificar por muestreo observacional las especies vegetales seleccionadas por ovinos en bosque de encino para cuantificar su consumo diario.
- Cuantificar el porcentaje de taninos de las especies con mayor selección para calcular su consumo diario determinado mediante microhistología vegetal y observar la relación con la carga parasitaria.
- Determinar la cantidad y el consumo de forraje *in situ* mediante muestreo para evaluar su comportamiento en relación a las áreas de pastoreo y silvopastoreo.
- Evaluar el cambio de peso vivo de ovinos a lo largo del pastoreo y

silvopastoreo para determinar si hay una relación con la carga parasitaria.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. FASE DE CAMPO

6.1.1. Localización

La primera fase experimental se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (CEIEPASP) de la FMVZ-UNAM, ubicado en el municipio de Chapa de Mota, Estado de México, localizado entre 19° 43' y 19° 55' de latitud norte y 99° 25' y 99° 41' de longitud oeste, a una altura entre 2200 y 3400 msnm, con un rango de precipitación anual de 700-1100 mm y temperatura promedio de 15°C (INEGI, 2009). De acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García el clima se clasifica como templado subhúmedo con lluvias en verano C(w) (García, 1998). Esta fase se realizó en los meses de agosto, septiembre y octubre.

6.1.2. Animales

Se seleccionaron 10 borregas (7 Rambouillet y 3 Suffolk) con una edad promedio de 4.25 años y un peso vivo de 65.65kg +/- 5.8 kg, desparasitadas con 6 meses de anterioridad con Closantel y Albendazol a una dosis de 5mg/kg y 8 mg/kg respectivamente.

6.1.3. Pastoreo y silvopastoreo

Esta fase tuvo una duración de 65 días e inicia con el pastoreo, el cual se realizó en

una pradera de Rye grass (*Lolium perenne*) y Trébol blanco (*Trifolium repens*) de 5 años de establecidas por un periodo de 30 días (Imagen 1). Posteriormente se silvopastoreó por el mismo periodo (Imagen 2). En ambos sistemas, con ayuda de un cerco eléctrico móvil se asignó una superficie única por día por 8 horas diarias (08:00 -16:00) Previo al pastoreo, se tomó un periodo de 5 días de adaptación al manejo.



Imagen 1. Pastoreo rotacional tecnificado con ovinos en praderas de *Lolium perenne-Trifolium repens*.



Imagen 2. Silvopastoreo controlado con ovinos en estrato bajo de bosque.

6.1.4. Oferta de forraje

Se realizó un muestreo con un cuadrante de 0.25m² haciendo 10 lanzamientos al azar por hectárea (Ha). En cada cuadrante el forraje fue cortado a 3 cm del suelo y se pesó *in situ*. Posteriormente se determinó materia seca (MS) con una estufa de aire forzado. Con esta información y el consumo de MS estimado, se ofertó el forraje al doble de su requerimiento (3.8% del peso vivo), el cual fue basado en lo consumido por una oveja en mantenimiento de 132 libras (lb) de peso vivo (NRC, 2007).

En el caso del silvopastoreo, se tomaron muestras de 1.5 m² con un compás metálico de 0.7 m de radio y hasta una altura de 1.5 m. La penetración solo para arbustos y árboles, fue de 0.3 m cortando a partir de la periferia (Imagen 3). Las muestras se pesaron *in situ* y posteriormente, se determinó MS por el proceso ya descrito, ofertando el doble del requerimiento. En caso de la oferta de forraje en bosque, no se incluyó compensación por pendiente. En ambas etapas se midió el área mediante un GPS.



Imagen 3. Técnica de muestreo cilíndrico tridimensional de forraje con disposición estratificada.

6.1.5. Identificación de especies consumidas

Durante el silvopastoreo se muestrearon las especies vegetales consumidas mediante el método observacional Hand-Plucking (González et al., 2010) (Imagen 4), tomando un registro fotográfico como respaldo.



Posteriormente, se identificaron en un herbario de referencia y las especies no encontradas fueron identificadas mediante el Herbario Nacional (MEXU, 2012).

Imagen 4. Observación directa para determinar especies vegetales consumidas (Hand-Plucking).

Con las especies vegetales de mayor consumo se elaboraron laminillas permanentes con la técnica de microhistología Vegetal (MHV) (Cota et al., 2015) modificada por el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la FMVZ UNAM, para identificar estructuras celulares patrón. Posteriormente con MHV se elaboró una laminilla con heces de cada individuo del grupo experimental por día de silvopastoreo, para determinar las proporciones consumidas mediante lectura de frecuencia de aparición de fragmentos identificables (Catán et al., 2007). Solo se cuantificaron y registraron los tejidos vegetales más característicos de cada especie.

6.1.6. Composición florística

Antes de iniciado el silvopastoreo, diariamente se realizó un muestreo para estimar parámetros de composición florística (Mostacedo et al., 2000). Se calculó la

densidad y frecuencia de las especies identificadas en cada cuadrante de 1.5 m² y cuadrante de silvopastoreo diario. La densidad (De) de cada especie se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$De = N/A$$

Donde: N= Número de individuos

A= Área determinada

La frecuencia se calculó mediante el número de veces que se registró un individuo en cada cuadrante y la relación que hay entre la cantidad total de individuos. Para ello se obtuvo la frecuencia absoluta (Fa) expresada en número de individuos y la frecuencia relativa (Fr) expresada en porcentaje. En ambos casos se obtuvo un promedio ya que por cada lugar silvopastoreado se realizaron 3 muestreos aleatorios. Para eso se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Fa: \sum Nim / M_{cp}$$

Donde: Nim= Número de individuos de especie seleccionada por muestra

M_{cp}= Muestra con presencia de especie al día

$$Fr: \sum (Nim * 100 / Nitm) / \sum M_{cp}$$

Donde: Nim= Número de individuos de especie seleccionada por muestra

Nit_m= Número de individuos totales por muestra

M_{cp}= Muestra con presencia de especie al día

5.1.7. Peso vivo

Se realizó el pesaje de los animales al inicio y final del pastoreo y silvopastoreo, con el objetivo de determinar si existe una relación entre este y la carga parasitaria por individuo del grupo experimental. Para ello se utilizó una báscula mecánica de plataforma con capacidad para 200 kg.

5.2. FASE DE LABORATORIO

5.2.1 Localización

Los análisis químicos de las especies vegetales se realizaron en el laboratorio de nutrición animal del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). En el caso de los análisis coproparasitoscópicos estos se realizaron en el CEIEPASP de la FMVZ UNAM.

5.2.2. Muestras de plantas bioactivas

Para los análisis químicos se tomó una muestra en verde de 500 g por cada especie de mayor consumo, las cuales se transportaron en bolsa de papel y se deshidrataron en un lugar fresco y oscuro por un periodo de 30 días (Makkar, 2003). Posteriormente las muestras fueron procesadas en un molino Thomas Wiley® a 3700 rpm con una criba de 1mm (Makkar, 2003) (Imagen 5).



Imagen 5. Procesado de plantas bioactivas en molino para granos con cribado a 1mm.

5.2.3. Análisis químico de plantas

Después de ser molidas las muestras se les determinaron los niveles de proteína cruda (PC) (Horwitz, 2000) Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1979) y Taninos (Makkar, 2003) a cada especie vegetal de mayor consumo.

5.2.4. Análisis coproparasitológico

Se realizó un muestreo diario de heces tomadas directamente del recto de todos los ovinos del grupo experimental en la etapa de pastoreo y silvopastoreo. Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE), debidamente identificadas (fecha y número de animal), las cuales se conservaron en una nevera a 4° C y se transportaron inmediatamente para ser procesadas. El número de huevos por gramo de heces (HPG) se obtuvo mediante estudios coproparasitológicos a través de la técnica de McMaster para obtener la carga parasitaria (Figuroa *et al.*, 2015) (Imagen 6). Para ello se utilizó una cámara de McMaster (sensibilidad de 25 HPG) con 2 compartimentos de 1cm² y 0.15 ml de

capacidad.

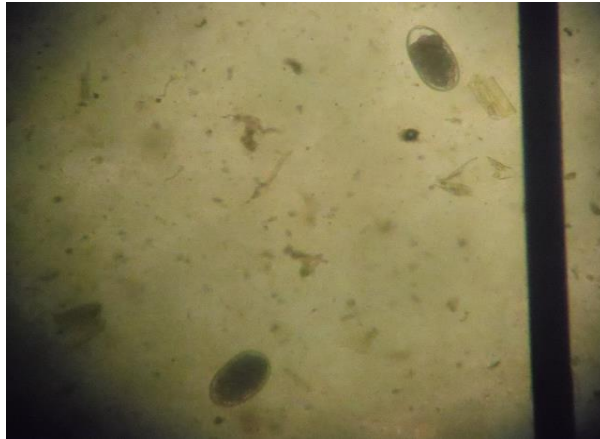


Imagen 6. Huevos de nematodos gastrointestinales observados con la técnica de Mc Master.

5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se corrió una prueba de correlación producto-momento de Pearson con 2 variables (HPG y % de taninos) con el programa SAS versión 9.2. Además se realizó un análisis de varianza de una vía con el objetivo de analizar diferencias entre la variable huevos/g de heces y peso vivo clasificado en tres categorías. En el análisis de varianza se manejaron como número de observaciones a la variable huevos/g de heces, mientras que el Peso Categórico (PCa) se utilizó como variable dependiente con 3 niveles de acuerdo a la GDP; 1: pesado, 2: medio y 3: ligero.

7. RESULTADOS

7.1. Evaluación de carga parasitaria

En las siguientes figuras se resume el comportamiento de la descarga parasitaria medida en huevos por gramo de heces (HPG) por individuo y promedio, sometidos a ambas frecuencias de alimentación (pastoreo y silvopastoreo) a lo largo del tiempo (Figura 1 y 2) en el CEIEPASP.

La carga parasitaria promedio tiene un comportamiento ascendente a partir del periodo de adaptación (135 HPG) y a lo largo de ambos sistemas de alimentación (600 al término del pastoreo y 3500 finalizando el silvopastoreo). En pastoreo el menor conteo promedio fue de 95 y el máximo de 680 HPG, en contraste a la etapa de silvopastoreo donde se obtuvo un conteo mínimo de 625 y máximo de 3720 HPG. El promedio de HPG a lo largo del pastoreo es de 319 ± 173.86 , comparado al silvopastoreo (1364 ± 881.02 HPG).

Parte de agosto y todo el mes de septiembre la carga parasitaria se mantiene por debajo de 1175 HPG, posteriormente en octubre aumenta hasta alcanzar un máximo de 3720 HPG.

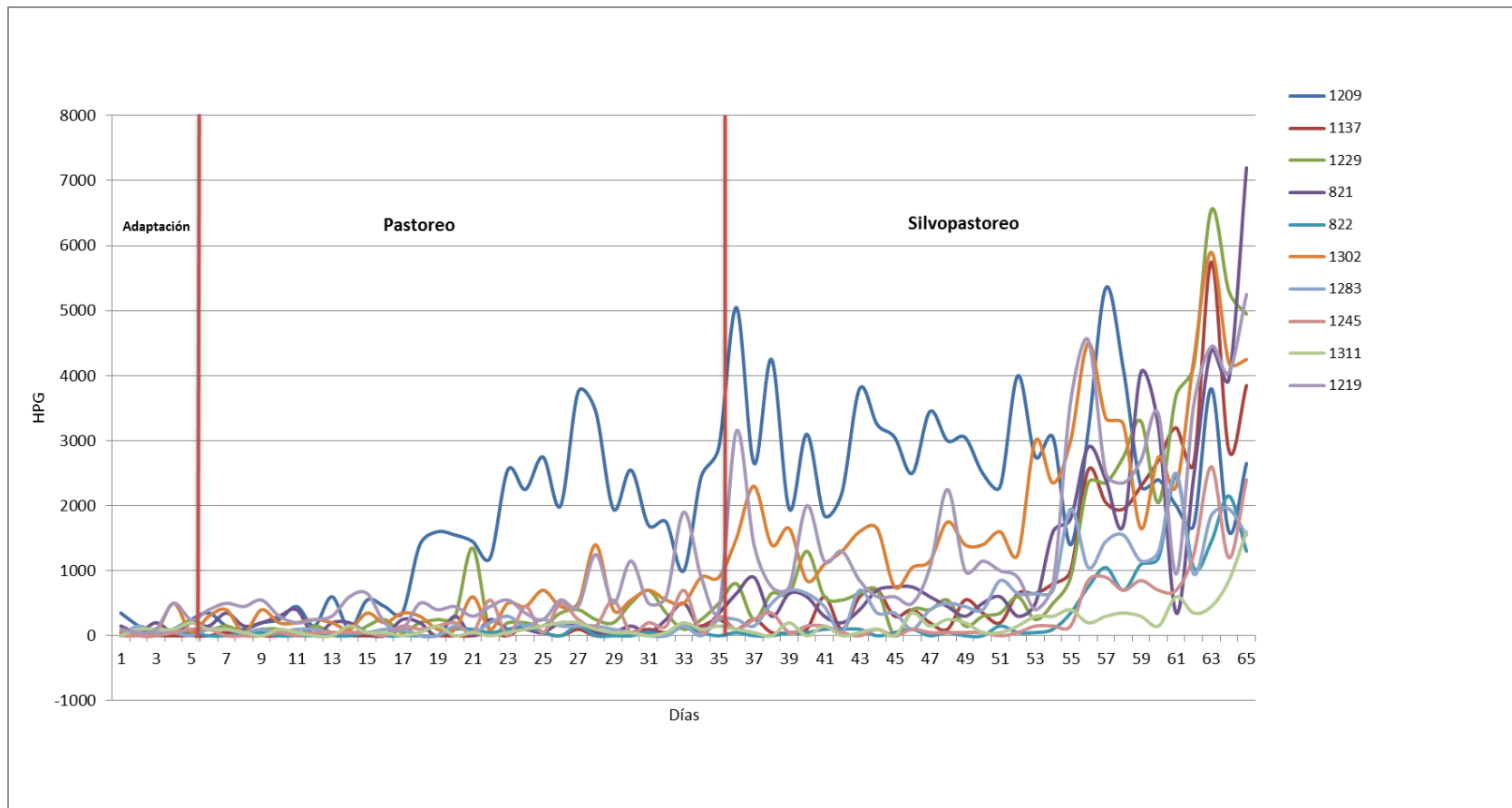


Figura 1. Comportamiento de la carga parasitaria (HPG) por individuo, a lo largo del periodo de adaptación, pastoreo y silvopastoreo del CEIEPASP

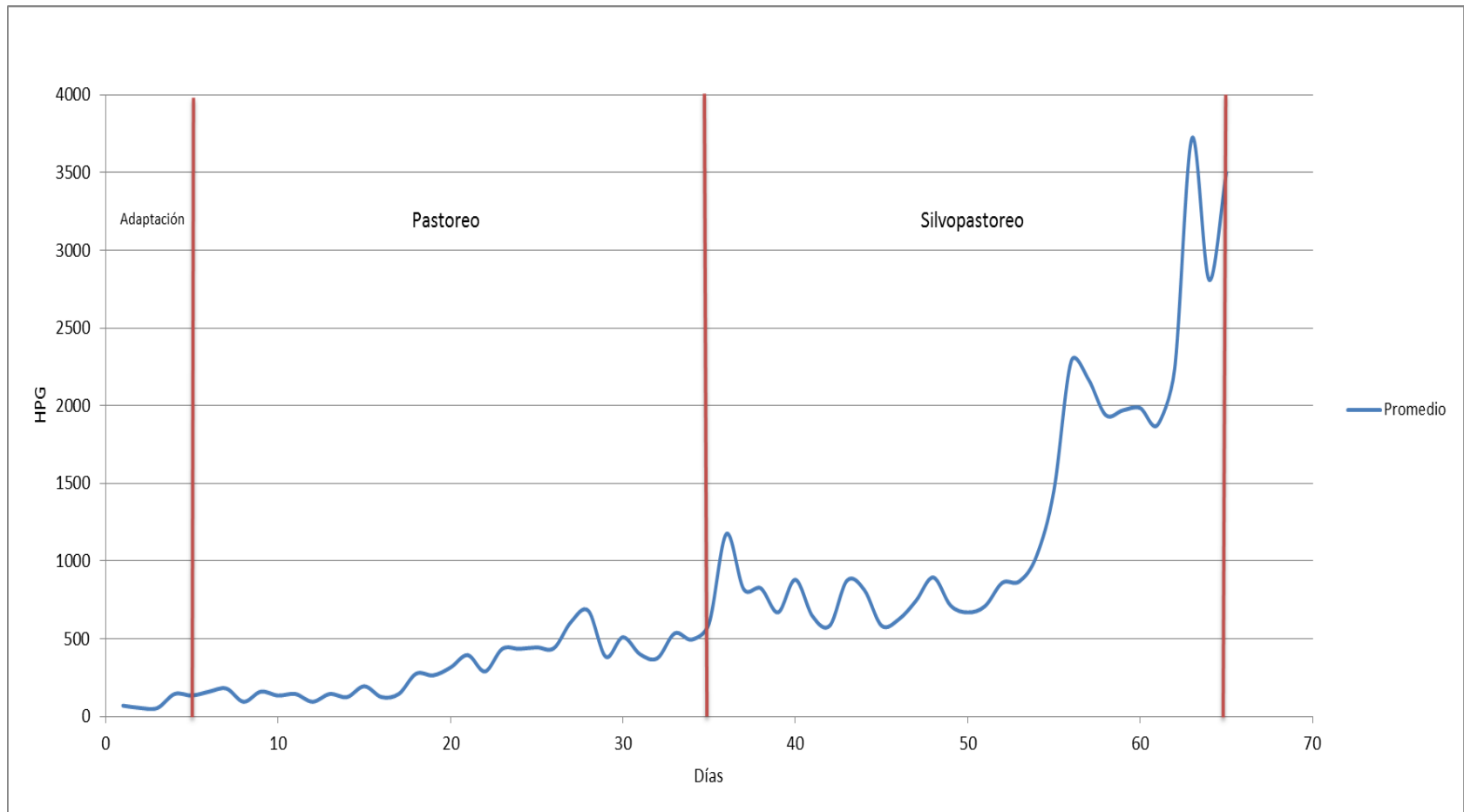


Figura 2. Comportamiento de la carga parasitaria (HPG) promedio a lo largo del periodo de adaptación, pastoreo y silvopastoreo del CEIEPASP.

7.2. Identificación de especies vegetales consumidas en silvopastoreo

En total se registraron 24 especies vegetales consumibles, de las cuales 11 fueron las de mayor consumo y 13 tienen una preferencia menor al 0.8 % (Cuadro 2). Dichas especies pertenecen a las familias *Poaceae*, *Fagaceae*, *Asteraceae*, *Caprifoliaceae*, *Garryaceae*, *Polygalaceae*, *Rosaceae* y *Umbelliferae* (Simon 2007, MEXU 2012). La especie de mayor preferencia fue *Brachypodium mexicanum* con 91.1%, perteneciente a la familia *Poaceae*. Las especies restantes están por debajo del 38.8%.

Cuadro 2. Especies vegetales con mayor preferencia por ovinos en el bosque de encino del CEIEPASP.

Espece	Forma biológica	Preferencia* (%)
<i>Brachypodium mexicanum</i> (Roem & Schult) Link var. <i>mexicanum</i>	Hierba	91.1
<i>Quercus urbanii</i>	Árbol	38.8
<i>Bidens ostruthioides</i>	Hierba	32.2
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	Arbusto	31.1
<i>Arracacia</i> sp.	Hierba	27.7
<i>Piptochaetium virescens</i> (H.B.K.) Parodi var. <i>virescens</i>	Hierba	24.4
<i>Garrya laurifolia</i> Hartw. ex Benth.	Árbol	14.4
<i>Monnina ciliolata</i> DC.	Arbusto	14.4

<i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sess	Árbol	4.4
<i>No identificada 1</i>	Árbol	1.1
<i>No identificada 2</i>	Árbol	1.1

*El porcentaje de preferencia de cada especie vegetal fue calculada tomando en cuenta el número total de especies identificadas (24 especies)

7.3. Composición florística en silvopastoreo

Se identificaron 40 especies en toda la zona de silvopastoreo del CEIPASP sin embargo, en los indicadores solo se incluyen los datos de las 11 especies de mayor selección. En la Figura 3 se muestra la densidad (De) por especie consumida expresada en individuos/1.5 m².

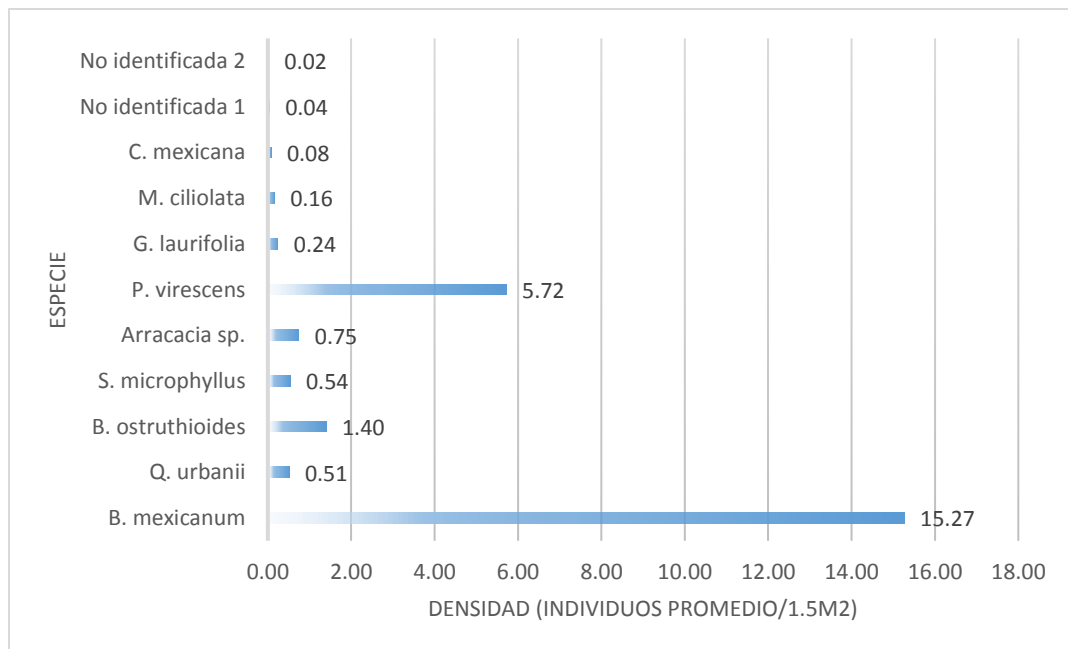


Figura 3. Densidad (Individuos promedio/1.5m²) de especies vegetales de mayor consumo por ovinos durante silvopastoreo en bosque de encino del CEIPASP.

La mayor densidad de especies está representada por *B. mexicanum* con 15.27 individuos/1.5m² seguida de *P. virescens* (5.72) y *B. ostruthioides* (1.40), el resto de las especies tienen valores inferiores a 0.75 individuos/1.5 m².

Se puede destacar que las tres especies de mayor De (*B. mexicanum*, *P. virescens* y *B. ostruthioides*) son del estrato herbáceo pertenecientes a la familia *Poaceae* y *Asteraceae*; por lo cual concuerda con ser las especies más consumidas por ovinos. Por otra parte *S. microphyllus* y *Q. urbanii* son las especies con mayor densidad del estrato arbustivo y arbóreo respectivamente.

En la frecuencia absoluta (Fa), los valores más elevados los tienen *B. mexicanum* (22.87 individuos/ 1.5m²) y *P. virescens* (8.60) (Figura 4). Las especies restantes tienen una Fa promedio menor a 0.83 individuos. Prácticamente en cada unidad de muestreo se encuentren 23 individuos de *B. mexicanum* y 9 de *P. virescens*, representando a la familia *Poaceae* con 32 individuos.

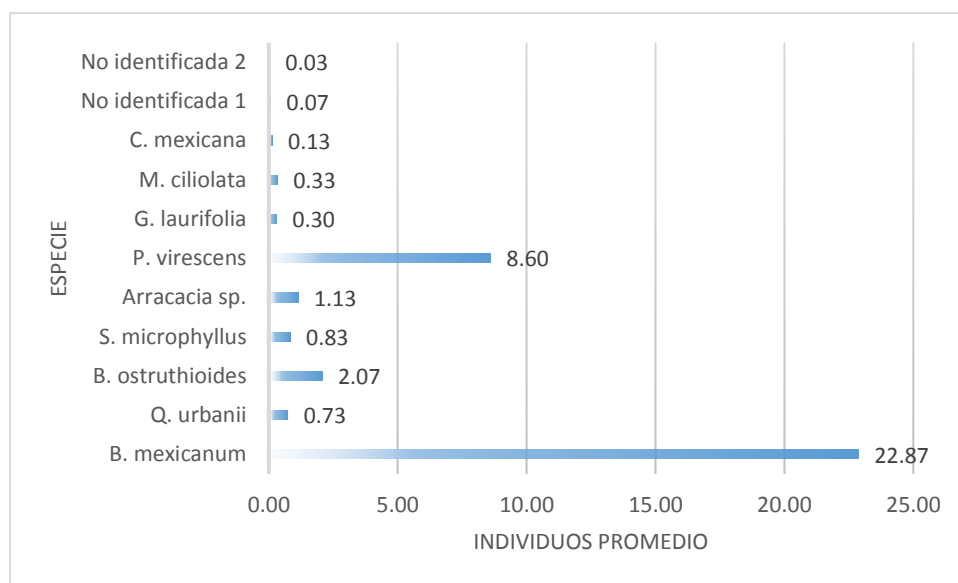


Figura 4. Frecuencia absoluta (individuos/ 1.5m²) de especies vegetales de mayor consumo por ovinos en cada cuadrante de silvopastoreo en bosque de encino del CEIEPASP.

En cuanto a *B. ostruthioides*, siendo el tercer valor más elevado, solo se encuentran 2 individuos por unidad muestral. Esto quiere decir que las especies restantes por debajo de este valor se encuentran presentes esporádicamente a lo largo del silvopastoreo y no de una manera constante al representar un valor menor a 1.

En cuanto a la frecuencia relativa (Fr) el valor más elevado está representado por *B. mexicanum* (60%). Las especies restantes tienen valores inferiores a 15% (Figura 5). La Fr de herbáceas, arbustivas y arbóreas es de 90, 6 y 4 %, respectivamente. Solo el 75% de individuos del total de los registros obtenidos son de la familia *Poaceae*, por lo que hay una clara dominancia de elementos herbáceos.

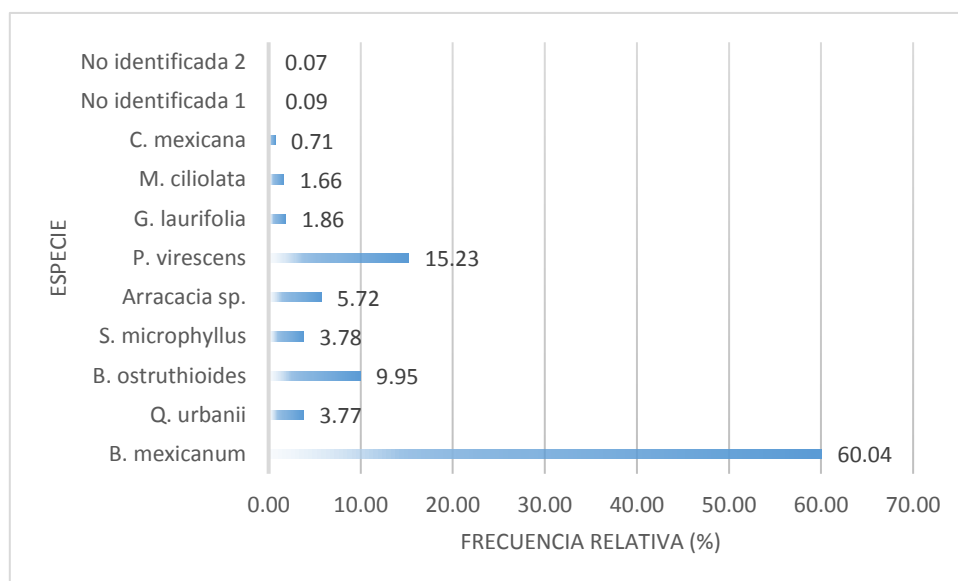


Figura 5. Frecuencia relativa (%) de especies vegetales de mayor consumo por ovinos en cada cuadrante de silvopastoreo en bosque de encino del CEIEPASP.

7.4. Relación de la carga parasitaria con el consumo de componentes bioactivos en silvopastoreo cuantificados mediante microhistología vegetal.

En el Cuadro 3 se enlista el porcentaje de taninos de las especies vegetales con mayor consumo por ovinos en bosque de encino del CEIEPASP.

Cuadro 3. Contenido de taninos de especies vegetales ($\mu\text{g TA}$) de mayor consumo por ovinos en silvopastoreo en el CEIEPASP.

Especie vegetal	Taninos (%)
<i>B. mexicanum</i>	0,093
<i>G. laurifolia</i>	0,266
No identificada 1	0,238
<i>B. ostruthioides</i>	0,236
<i>P. virescens</i>	0,093
No identificada 2	0,313
<i>C. mexicana</i>	0,208
<i>Q. urbanii</i>	0,101
<i>S. microphyllum</i>	0,712
<i>Arracacia sp.</i>	0,362
<i>M. ciliolata</i>	0,230

Se puede destacar que la especie con mayor contenido de taninos es *S. microphyllum* (0.712%) siendo del estrato arbustivo. Dentro de las especies con menor contenido de taninos se encuentran *P. virescens* y *B. mexicanum* con una concentración en ambas de 0.93%, pertenecientes al estrato herbáceo y a las especies de mayor selección por ovinos. De acuerdo a estos resultados y la cuantificación de los tejidos vegetales conocidos mediante microhistología vegetal

(ANEXO), el promedio del consumo de taninos al día durante el periodo de silvopastoreo es de 0.02% por animal.

Dado los resultados obtenidos no se encontró una correlación de la carga parasitaria individual de ovinos en silvopastoreo y el consumo de taninos por día de acuerdo a la correlación de Pearson ($p=0.0001$).

7.5. Relación del peso vivo y carga parasitaria

El peso inicial promedio del grupo experimental fue de 65.6 ± 5.86 kg, el cual asciende terminando la etapa de pastoreo a 76.5 ± 6.09 kg y desciende al terminar el silvopastoreo con un valor de 74.6 ± 6.05 kg (Figura 6). En el primer periodo hay un aumento de peso de 10.85 ± 1.20 kg lo cual representa una ganancia diaria de peso (GDP) de 0.361 ± 0.041 kg. En contraste, hay un cambio de peso al finalizar el silvopastoreo de -1.9 ± 0.87 kg lo cual representa una disminución en el peso de -0.063 ± 0.029 kg por día.

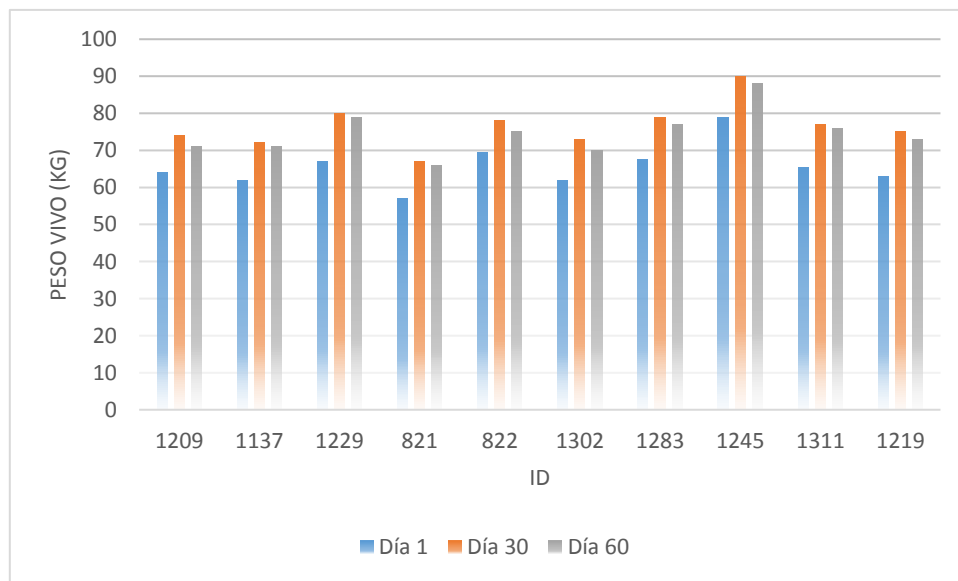


Figura 6. Peso vivo individual de ovinos antes y después de la etapa de pastoreo y silvopastoreo en el CEIEPASP.

De acuerdo al análisis de varianza y a la prueba Tukey -Kramer de los PCa existe una diferencia significativa ($F < 0,0001$) de la carga parasitaria y la segunda categoría de pesos (peso medio: 75.61-70-73 kg) con respecto a las categorías ligeras y pesadas ($F=22,3886$), por lo que existe una mayor carga parasitaria en ovinos de pesos medios independiente al sistema de alimentación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de los PCa mediante la prueba de Tukey-Kramer..

Peso categórico (PCa)	Nivel		Media
Medio	2	A	1278,0000
Bajo	3	B	710,7843
Pesado	1	B	534,4388

Literales diferentes indican diferencia ($p < 0.05$)

7.6. Forraje

7.6.1. Biomasa

En el Cuadro 5 se resume la cantidad de biomasa y porcentaje de materia seca (MS) disponible en pradera y bosque de encino del CEIEPASP durante el periodo en el que se llevó a cabo el experimento.

Cuadro 5. Porcentaje de materia seca y biomasa presente en pradera y bosque de encino del CEIEPASP.

	Pradera	Bosque
MS (%)	25.48	25.11
Cantidad de MS / m² (g)	279.6	85.6

Cantidad en BH / m² (g)	1097.2	340.8
---	--------	-------

El porcentaje de MS es similar en la etapa de pastoreo y silvopastoreo, teniendo un 25.48% y 25.11% respectivamente. Sin embargo la cantidad de forraje por m² es superior en el área de pradera.

7.6.2. Oferta de forraje y área de consumo

En los Cuadros 6 y 7 se pueden observar las cantidades de forraje ofrecido y consumido por día, así como el área asignada total en cada periodo.

Cuadro 6. Relación del forraje ofertado, consumo y porcentaje de aprovechamiento durante el pastoreo y el silvopastoreo en el CEIEPASP.

	Pastoreo		Silvopastoreo	
	Animal/día	Total	Animal/día	Total
Forraje ofertado MS (kg)	4.989	1496.82	5.81	1744.2
Forraje ofertado BH (kg)	19.579	5873.78	23.14	6944.19

Consumo de MS (kg)	2.494	748.41	2.90	872.10
Consumo en BH (kg)	9.789	2936.89	11.57	3472.09
Aprovechamiento (%)	53.50		26.40	

Peso vivo-pastoreo: 65.65 kg, Peso vivo-silvopastoreo: 76.50 kg.

Cuadro 7. Área total de consumo (m²) en pastoreo y silvopastoreo

	Área	
	Pastoreo	Silvopastoreo
Por día (m²)	178.83	338.78
Total (m²)	5364.94	10163.55

Con base en los cuadros anteriores la cantidad de forraje ofertado y consumido es

superior en silvopastoreo. Sin embargo el aprovechamiento es claramente superior en la etapa de pastoreo (53.50%), por lo que se necesita mayor superficie de consumo en silvopastoreo al día (338.78 m²). En cuanto a cantidad de MS se cubrieron las necesidades de los ovinos en ambos sistemas de alimentación.

7.7. Análisis químico de plantas

7.7.1. Análisis de fibra (FDA y FDN)

En las once especies de selección frecuente, *P. virescens* presenta mayor cantidad de fibra detergente neutro (64.3%). En cuanto al porcentaje de fibra detergente ácido, *Q. urbanii* tiene el valor más elevado con un 38%. En contraste, No identificada (2) presenta los niveles más bajos de FDA y FDN (11.3% y 22.2% respectivamente).

Tres especies (*P. virescens*, *Q. urbanii* y *B. mexicanum*) se encuentran por encima del 60% de FDN, mientras *Q. urbanii*, *P. virescens*, *G. laurifolia* y *B. mexicanum* son las cuatro especies con niveles superiores al 30% de FDA, teniendo estas dos últimas el mismo valor (30.8%) (Figura 8).

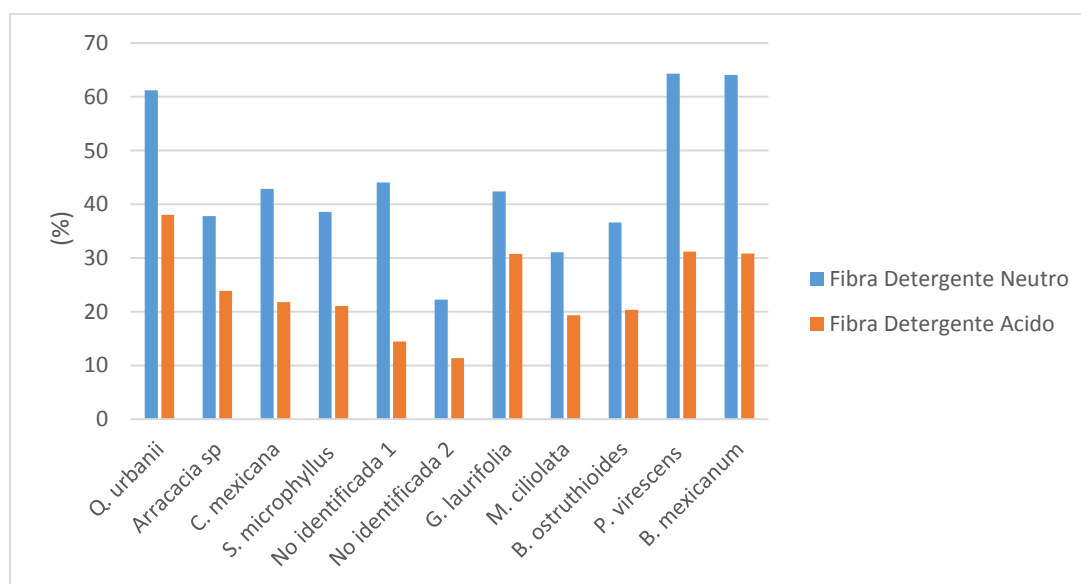


Figura 8. Porcentaje de FDN y FDA en especies vegetales de mayor consumo por ovinos en silvopastoreo en el CEIEPASP.

7.7.2. Análisis de proteína cruda.

De las once especies de mayor selección (Figura 9), el porcentaje de PC más elevado corresponde a *Arracacia sp.* con 15.25%. NI2 representa el valor más bajo en PC (5%)

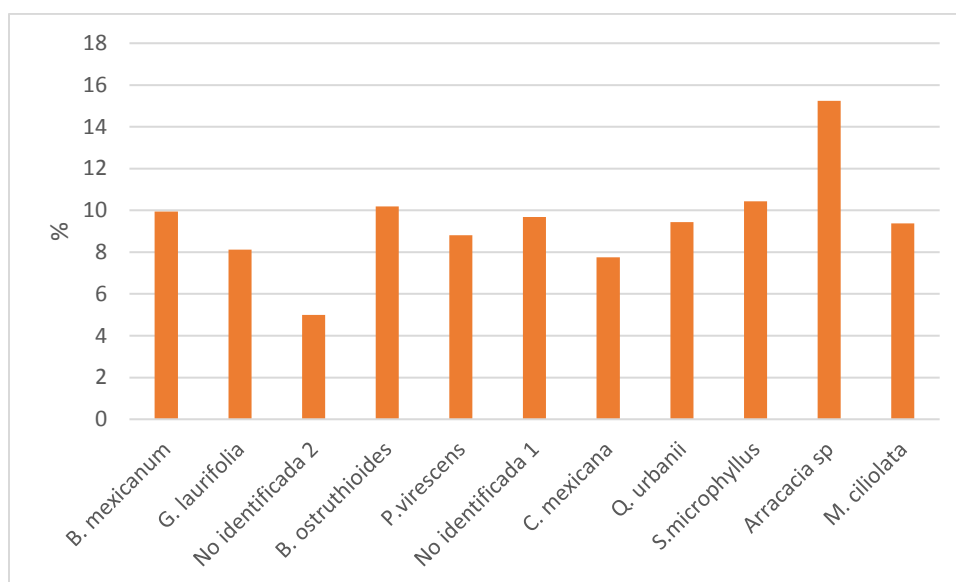


Figura 9. Porcentaje de proteína cruda (PC) en especies vegetales de mayor consumo por ovinos en silvopastoreo en el CEIEPASP.

8. DISCUSIÓN

El uso de plantas bioactivas promete ser un método alternativo para el control de NGI en rumiantes, sobre todo en sistemas de producción con pastoreo (Rochfort *et al.*, 2008). La evidencia científica ha demostrado su efectividad contra una gran gama de NGI en sus diversas fases, sin embargo estos esfuerzos se han enfocado a estudios *in vitro* (Athanasiadou *et al.*, 2004), en donde se ha controlado detalladamente las características de CB's en cuanto a pureza se refiere y por lo tanto, pueden ser probados con cierta confiabilidad. Sin embargo para validar estas investigaciones es necesario conocer las condiciones *in vivo* en las cuales los CB's y NGI interactúan con diferentes elementos que en campo pueden ser dirigidos por el huésped, como el simple hecho de la selección alimenticia y el medio ecológico en el cual se encuentren. Por tal motivo, la presente investigación es enfocada a la evaluación del comportamiento en la eliminación de huevos por parte de NGI en ovinos, bajo un sistema de pastoreo y silvopastoreo con relación al consumo de vegetación nativa y su posible efecto antihelmíntico.

Se demostró que la carga parasitaria promedio del grupo experimental, aumentó de 600 a 3500 HPG a lo largo del manejo en los dos sistemas de alimentación (ver Figura 1 y 2). La carga parasitaria ascendente se puede asociar a que anterior al pastoreo, el grupo experimental permaneció en confinamiento, lo cual reduce la probabilidad de infección al no existir condiciones para que la fase infectante pueda desarrollarse y sobrevivir en el ambiente (Soca *et al.*, 2005). En este contexto, al realizar un cambio al sistema de alimentación inicial (pastoreo rotacional), se expone a los ovinos a ingerir larvas infectantes presentes en el pasto, por lo que

hay una infección y la producción de huevos aumenta (Soca *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2012).

Dicho comportamiento en la carga parasitaria, también se ve influenciado por condiciones climáticas (Stromberg, 1997; Reynecke *et al.*, 2011; Waghorn *et al.*, 2011; Bryan *et al.*, 1989; Morgan *et al.*, 2012; Barger *et al.*, 1984) en las cuales fue desarrollado el presente trabajo. En el mes de agosto donde se inició el monitoreo de la carga parasitaria, se registró una temperatura promedio (T_p) de 13.2 °C y una precipitación total (P_t) de 64.8 mm, aumentando la T_p (14.7 °C) y siendo similar la P_t (63.2mm) en septiembre. En octubre al terminar el monitoreo estos parámetros disminuyeron (T_p (14.4 °C) y P_t (27.6)). Esto indica que en agosto y septiembre, existen condiciones favorables para un adecuado desarrollo, migración e ingestión de la fase infectante, lo cual coincide con el aumento en la carga parasitaria a través del tiempo en ambos sistemas de alimentación.

En cuanto a la segunda etapa de alimentación (silvopastoreo) el aumento en la carga parasitaria es considerable (ver Figura 2). Esto se asocia a diversos factores que influyen sobre el huésped y a su vez con la excreción de huevos.

Por un lado, las condiciones de humedad y temperatura por tiempos prolongados que ofrece el microclima del bosque, en donde existen diversos sustratos vegetales, hacen posible una infección por NGL, disminuyendo la susceptibilidad por desecación debido a radiación solar directa (O'Connor *et al.*, 2006).

Otro factor importante es la ingestión de larvas infectantes, lo cual va directamente relacionado con la preferencia y tipo de vegetación presente, ya que por lo general,

fases infectantes de NGI, migran a estratos en la vegetación no mayores a 20 cm de altura para ser consumidas por el huésped (Santos 2012).

De acuerdo a la evaluación de consumo observacional y microhistológico (ANEXO), se muestra una clara preferencia en ovinos por *B. mexicanum* y otras especies de tipo herbáceo (ver Cuadro 2), a pesar de la diversidad vegetal encontrada en la zona de silvopastoreo (ver Figura 3, 4 y 5) por lo que hay mayor probabilidad de infección parasitaria al consumir este tipo de vegetación, en donde las fases infectantes están presentes. Esta selectividad también se debe a que los ovinos tienen un elevado porcentaje de aprovechamiento en un estrato de 0 a 100 cm. (Palma *et al.*, 2008).

En cuestión al consumo de CB (taninos) contenido en estas especies vegetales y su relación con el comportamiento de la carga parasitaria, no hay diferencias significativas entre ambas variables ($p=0.0001$) (ver Cuadro 4). Esto se puede deber a un bajo contenido de taninos de la vegetación seleccionada por ovinos (ver Cuadro 3) y el consumo promedio diario (0.02%).

En contraste a estos resultados, experimentos *in vivo* (Athanasiadou *et al.*, 2001; Butter *et al.*, 2001), han demostrado que al proveer extractos de plantas que contienen 8% de taninos, reducen significativamente la eliminación de HPG cuando son administradas por 3 días consecutivos, siendo de menor efectividad concentraciones menores al 4%. Por otro parte, estudios *in vivo* que confirman dicho efecto usando directamente partes de la planta, presentan una concentración igual o superior al 2% ofrecidos de manera exclusiva ya sea en bancos de proteína o en sistemas confinados (Barry *et al.*, 1999), por lo que comparado al nivel presente en la vegetación del bosque de encino del CEIEPASP y el bajo consumo de los ovinos

al día, no implica un método de control efectivo aparente.

Por otra parte, al evaluar el peso vivo (PV) a lo largo del periodo experimental, cabe destacar que el grupo de ovinos aumentó su PV en la primer etapa de alimentación (pastoreo) (ver Figura 6), debido a que anterior a este manejo, fueron alimentados con heno de avena de mala calidad, lo cual provoca un menor aprovechamiento de nutrientes a causa de su digestibilidad y lento tránsito por el rumen (Leng, 1990; Allen, 1996). Posteriormente al ofrecer forraje verde de mejor calidad nutricional en el pastoreo, se aumenta el tránsito y se estimula un mejor consumo (Leng, 1990).

En el caso del descenso en el PV al finalizar el silvopastoreo, las causas se inclinan al aprovechamiento de los diferentes recursos vegetales y condiciones particulares en las cuales se encuentran. El forraje ofertado y el consumo de MS/animal en silvopastoreo es mayor al de pastoreo, sin embargo el aprovechamiento es claramente superior en pastoreo vs silvopastoreo (ver Cuadro 6).

En cuanto a la disponibilidad, existe una menor biomasa por hectárea en bosque de encino (ver Cuadro 5) por lo cual se requiere mayor superficie para satisfacer las necesidades diarias (ver Cuadro 7) y un mayor esfuerzo en la búsqueda de alimento

Estos factores también se relacionan con la calidad nutricional de las especies vegetales consumidas. Si bien, el porcentaje de FDN y FDA es muy variable en todas las especies seleccionadas en silvopastoreo (ver Figura 8), el porcentaje de proteína cruda (PC) es claramente superior en pastoreo vs silvopastoreo.

Los niveles normales de PC en *L. perenne* y *T. repens* son de 12-14% (Villalobos *et al.*, 2010; Surmen *et al.*, 2013) y 20-25% (Calsamiglia *et al.*, 2004) respectivamente,

mientras que en especies presentes en silvopastoreo el promedio es de 9% (ver Figura 9).

Con la evaluación de estos datos, se observó que existe una relación significativa ($F < 0,0001$) entre el peso vivo (PV) de los ovinos (ver Figura 6) sus categorías (ligeros, medios y pesados) (ver Cuadro 4) y el comportamiento de la carga parasitaria (ver Figura 7), a lo largo de ambos sistemas de alimentación.

Se demostró que pesos medios (75.61-70-73 kg) tienden a una carga parasitaria más elevada en comparación a categorías ligeras y pesadas, independientemente a la etapa de alimentación en la que se encuentren.

En este sentido, se podría creer que animales de pesos más elevados a lo largo de los dos periodos, tendrían menor carga parasitaria en comparación a los pesos ligeros o inclusive a pesos medios. Esto debido al estatus nutricional, el cual se refleja en indicadores productivos y que está estrechamente relacionado con la producción de huevos (Coop *et al.*, 1996). Por lo contrario, animales ligeros (70.7-57 kg) se esperaría que tuvieran una elevada carga parasitaria con respecto a pesados y medios, debido principalmente a la inmunosupresión de tipo ambiental o nutricional (Coop *et al.*, 1996).

Sin embargo cabe destacar que este comportamiento en la carga parasitaria puede deberse a aspectos de resistencia o tolerancia (Bishop, 2012) y probable resiliencia (Martínez-Ortiz-de Montellano *et al.*, 2018), ya que hay un grupo de animales muy focalizado a lo largo de ambos sistemas de alimentación, que presenta una carga menor y que aparentemente no hay una relación con las condiciones ambientales

presentes.

Sin embargo hasta el momento sería solo un indicador de resistencia o tolerancia relativa, ya que solo se cuenta con la evaluación de la carga parasitaria mediante el conteo de HPG, por lo cual sería necesario evaluarlo a nivel genético, como lo han planteado Martínez-Ortiz-de Montellano *et al.*, (2018)

Por tal motivo, se requiere de mayor investigación para conocer la dinámica que puede jugar la genética de ciertos individuos con la infección parasitaria y practicar cierta selección como método alternativo.

9. CONCLUSIÓN

- Los ovinos bajo el sistema de silvopastoreo en bosque de encino del CEIEPASP tienen una marcada selección hacia especies nativas de estrato bajo, a pesar de existir una mayor estratificación.
- El % de taninos totales en vegetación nativa del bosque de encino del CEIEPASP, no tiene una acción antihelmíntica aparente en ovinos, debido al contenido (menor al 0.7%) y al consumo diario, el cual es relacionado a la diversidad de plantas y su selección, por lo que se disminuye la probabilidad de un efecto directo e indirecto en el huésped.
- Hay una relación significativa en el peso vivo del grupo experimental y la carga parasitaria, a lo largo de ambos sistemas de alimentación, relacionado a características genéticas del huésped y su interacción con el ambiente.
- Los resultados obtenidos son punto de referencia para el estudio de métodos de control parasitario alternativos, que impliquen no solo el uso de elementos externos al huésped con acción antihelmíntica, si no la selección de individuos con resistencia heredable.

10. REFERENCIAS

1. Acamovic T, Brooker JD. 2005. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society* 64(03): 403-412.
2. Achakzai AKK, Achakzai P, Masood A, Kayani SA, Tareen RB. 2009. Response of plant parts and age on the distribution of secondary metabolites on plants found in Quetta. *Pak. J. Bot*, 41(5): 2129-2135.
3. Ademola IO, Idowu SO. 2006. Anthelmintic activity of *Leucaena leucocephala* seed extract on *Haemonchus contortus*-infective larvae. *Veterinary record*. 158(14): 485.
4. Albers GAA, Gray BGD, Jambre LFL, Piper LR, Barger IA, Barker JSF. 1989. The Effect of *Haemonchus contortus* on liveweight gain and wool growth in young merino sheep. *Aust. J. Agric. Rex* 40: 419-32.
5. Alcalá CY, Ocampo CL, Sumano LH, Gutiérrez OL, Tapia PG. 2016. Anthelmintic resistance status of gastrointestinal nematodes of sheep to the single or combined administration of benzimidazoles and closantel in three localities in Mexico. *Veterinaria México OA*. 3(4): 0-0.
6. Allen MS. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*. 74(12): 3063-3075.
7. Akula R, Ravishankar GA. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*. 6(11): 1720-

1731.

8. Alonso DMA, Torres AJFJ, Sandoval CCA, Aguilar CAJ, Hoste H. 2008. In vitro larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniniferous plant extracts. *Veterinary parasitology* 153(3): 313-319.
9. Alonso-Díaz MA, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Hoste H. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: a friendly foe?. *Small Ruminant Research*. 89(2): 164-173.
10. Alonso-Díaz MA, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Hoste H. 2011. Comparing the sensitivity of two in vitro assays to evaluate the anthelmintic activity of tropical tannin rich plant extracts against *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*. 181(2-4): 360-364.
11. Athanasiadou S, Githiori J, Kyriazakis I. 2007. Medicinal plants for helminth parasite control: facts and fiction. *Animal*. 1(9): 1392-1400.
12. Athanasiadou S, Kyriazakis I, Jackson F, Coop RL. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. *Veterinary Parasitology* 99(3): 205-219.
13. Athanasiadou S, Kyriazakis I. 2004. Plant secondary metabolites: antiparasitic effects and their role in ruminant production systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 63(4): 631-639.
14. Athanasiadou S, Tzamaloukas O, Kyriazakis I, Jackson F, Coop RL. 2005. Testing for direct anthelmintic effects of bioactive forages against *Trichostrongylus colubriformis* in grazing sheep. *Veterinary parasitology* 127(3): 233-243.

15. Barger IA, Lewis RJ, Brown GF. 1984. Survival of infective larvae of nematode parasites of cattle during drought. *Veterinary Parasitology*, 14(2): 143-152.
16. Barrau E, Fabre N, Fouraste I, Hoste H. 2005. Effect of bioactive compounds from Sainfoin (*Onobrychis viciifolia Scop.*) on the in vitro larval migration of *Haemonchus contortus*: role of tannins and flavonol glycosides. *Parasitology*, 131(04): 531-538.
17. Barry TN, McNabb WC. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal of Nutrition*, 81(4): 263-272.
18. Bauer JE. 2001. Evaluation of nutraceuticals, dietary supplements, and functional food ingredients for companion animals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 218(11): 1755-1760.
19. Bejar E, Reyes-Chilpa R, Jiménez-Estrada M. (2000). Bioactive compounds from selected plants used in the XVI century Mexican traditional medicine. In *Studies in natural products chemistry*. Vol. 24, pp. 799-844.
20. Bernhoft A. 2010. *Bioactive compounds in plants- benefits and risks for man and animal*. Novus Forlag, Oslo. The Norwegian Academy of Science and Letter.
21. Biesalski HK, Dragsted LO, Elmadfa I, Grossklaus R, Müller M, Schrenk D, Weber P. 2009. Bioactive compounds: definition and assessment of activity. *Nutrition* 25(11): 1202-1205.
22. Bishop S. 2012. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections. *Frontiers in genetics*, 3: 168.

23. Bodas R, López S, Fernandez M, García GR, Rodríguez AB, Wallace RJ, González JS. 2008. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 145(1): 245-258.
24. Bodas R, Prieto N, García GR, Andrés S, Giráldez FJ, López S. 2012. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology* 176(1): 78-93.
25. Bourgaud F, Gravot A, Milesi S, Gontier E. 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant science*. 161(5): 839-851.
26. Brunet S, De Montellano CMO, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Aguilar-Caballero AJ, Capetillo-Leal C, Hoste H. 2008. Effect of the consumption of *Lysiloma latisiliquum* on the larval establishment of gastrointestinal nematodes in goats. *Veterinary parasitology*: 157(1-2): 81-88.
27. Brunet S, Fourquaux I, Hoste H. 2011. Ultrastructural changes in the third-stage, infective larvae of ruminant nematodes treated with sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) extract. *Parasitology international* 60(4): 419-424.
28. Bryan RP, Kerr JD. 1989. Factors affecting the survival and migration of the free-living stages of gastrointestinal nematode parasites of cattle in central Queensland. *Veterinary Parasitology*, 30(4): 315-326.
29. Bugarín J, Lemus C, Sangines L, Aguirre J, Ramos A, Soca M, Arece J. 2009. Evaluación de dos especies de *Leucaena*, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México: I. Comportamiento agronómico. *Pastos y Forrajes* 32(4): 1-1.

30. Burritt EA, Provenza FD. 2000. Role of toxins in intake of varied diets by sheep. *Journal of Chemical Ecology* 26(8): 1991-2005.
31. Butter NL, Dawson JM, Wakelin D, Buttery PJ. 2001. Effect of dietary condensed tannins on gastrointestinal nematodes. *The Journal of Agricultural Science*. 137(4): 461-469.
32. Buxadé C. 1996. *Zootecnia, Bases de producción animal. Tomo VIII: Producción Ovina*. Zaragoza, España: Mundi-Prensa.
33. Caballé G, Dezzotti A, Sbrancia R, Stecher G, Reisig C, Bonvissuto G, Schlichter T. 2009. Estudio de caso: Interacción entre el pastizal natural, la plantación de pino y el ganado caprino en el sistema silvopastoril experimental de Mallín Verde (Neuquén).
34. Calsamiglia S, Ferret A, Bach A. 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
35. Catán A, Degano CA, Werenitzky D. 2007. Evaluación de criterios de lectura microhistológica para la cuantificación de *Sphaeralcea bonariensis* (Cav.), PI Lorentz en mezclas manuales. *Técnica pecuaria en México*. 45(1).
36. Charlier J, Voort M, Kenyon F, Skuce P, Vercruyse J. 2014. Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends in Parasitology* 30(7):1-7.
37. Cobon DH, O'sullivan BM. 1992. Effect of *Haemonchus contortus* on productivity of ewes, lambs and weaners in a semi-arid environment. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 118: 245-248.
38. Colby L. 2015. World sheep meat market to 2025. *Agriculture and Horticulture*

Development Board.

39. Coop RL, Holmes PH. 1996. Nutrition and parasite interaction. *International journal for parasitology* 26(8): 951-962.
40. Coop RL, Kyriazakis I. 1999. Nutrition–parasite interaction. *Veterinary Parasitology* 84: 187-204.
41. Corral FG, Solorio SB, Rodríguez, C, Ramírez J. 2011. La calidad de la carne producida en el sistema silvopastoril intensivo y su diferenciación en el mercado. *Memorias, III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, para la ganadería sostenible del siglo XXI.*
42. Cota UTG, Bobadilla HRA. 2015. Modificaciones a la técnica de microhistología vegetal. *Congreso Mundial de Ganadería Tropical 2014.*
43. Craig MT. 2006. Anthelmintic resistance an alternative control methods. *Veterinary Clinics Food Animal Practice* 22: 567–581.
44. Croteau R, Kutchan TM, Lewis N.G. 2000. Natural products (secondary metabolites). *Rockville, MD. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists* 1250–1318.
45. Cubillán FAC, Stagnaro GE, Belloso S (eds.). 2005. *Nematodosis gastrointestinales. Manual de Ganadería Doble Propósito. Maracaibo, Venezuela: Ediciones Astro-Data, SA.*
46. Devendra C, Thomas D. 2002. Crop–animal interactions in mixed farming systems in Asia. *Agricultural systems* 71: 27-40.
47. Durmic Z, Blache D. 2012. Bioactive plants and plant products: effects on animal function, health and welfare. *Animal Feed Science and Technology.* 176(1-4): 150-162.

48. Edreva A, Velikova V, Tsonev T, Dagnon S, Gürel A, Aktaş L, Gesheva E. 2008. Stress-protective role of secondary metabolites: diversity of functions and mechanisms. *Gen Appl Plant Physiol*. 34(1-2): 67-78.
49. FAO: evolución mundial del consumo de carne [actualización: 22 mar 2010]. http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne_30869/ [consulta: 15 nov 2016].
50. Figueroa CJA, Jasso VC, Liébano HE, Martínez LP, Rodríguez VRI, Zárate RJJ. 2015. Examen coproparasitoscópico. *Técnicas para el diagnóstico de parásitos con importancia en salud pública y veterinaria*. DF, México: AMPAVE-CONASA.
51. Fleming SA, Craig T, Kaplan RM, Miller JE, Navarre C, Rings M. 2006. Anthelmintic resistance of gastrointestinal parasites in small ruminants. *Journal of veterinary internal medicine*. 20(2): 435-444.
52. García E. 1998. Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García). México: CONABIO. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/PDFs/ANEXOCLIMA.pdf>.
53. Githigia SM, Thamsborg WK, Munyua WK, Maingi N. 2001. Impact of gastrointestinal helminths on production in goats in Kenya. *Small Ruminant Research* 42: 21-29.
54. Githiori JB, Athanasiadou S, Thamsborg SM. 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.
55. González EA, Améndola MD. 2010. Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros.

Universidad Autónoma de Chapingo.

56. Gujja S, Terrill TH, Mosjidis JA, Miller JE, Mechineni A, Kommuru DS, Burke JM. 2013. Effect of supplemental sericea lespedeza leaf meal pellets on gastrointestinal nematode infection in grazing goats. *Veterinary parasitology* 191(1): 51-58.
57. Hassanpour S, MaheriSis N, Eshratkhah B. 2011. Plants and secondary metabolites (Tannins): A Review.
58. Heckendorn F, Häring DA, Maurer V, Senn M, Hertzberg H. 2007. Individual administration of three tanniferous forage plants to lambs artificially infected with *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei*. *Veterinary Parasitology* 146(1): 123-134.
59. Heckendorn F, Häring DA, Maurer V, Zinsstag J, Langhans W, Hertzberg H. 2006. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage and hay on established populations of *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei* in lambs. *Veterinary Parasitology* 142(3): 293-300.
60. Hernández BGI, García SK, Escalante EF, Castañeda RGS, Sauri DE, Torres-Acosta JFDJ, Peña RLM. 2018. Effects of polyphenol removal methods on the in vitro exsheathment inhibitory activity of *Lysiloma latisiliquum* extracts against *Haemonchus contortus* larvae. *Natural product research*. 32(5): 508-513.
61. Hernández JE, Franco FJ, Villarreal OA, Camacho JC, Pedraza RM. 2011. Caracterización socioeconómica y productiva de unidades caprinas familiares en la mixteca poblana. *Archivos de zootecnia*. 60(230): 175-182.
62. Hördegen P, Hertzberg H, Heilmann J, Langhans W, Maurer V. 2003. The

- anthelmintic efficacy of five plant products against gastrointestinal trichostrongylids in artificially infected lambs. *Veterinary Parasitology*. 117(1-2): 51-60.
63. Horwitz W. 2000. Official methods of analysis of AOAC International (No. C/630.240 O3/2000).
64. Hoste H, Jackson F, Athanasiadou S, Thamsborg SM, Hoskin SO. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in parasitology* 22(6): 253-261.
65. Hoste H, Martínez ODMC, Manolaraki F, Brunet S, Ojeda RN, Fourquaux I, Sandoval CCA. 2012. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Veterinary Parasitology* 186(1): 18-27.
66. Hoste H, Torres-Acosta JF, Alonso DMA, Brunet S, Sandoval CC, Adote SH. 2008. Identification and validation of bioactive plants for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Tropical biomedicine* 25(1): 56-72.
67. Hristov AN, Ivan M, Neill L, McAllister TA. 2003. Evaluation of several potential bioactive agents for reducing protozoal activity in vitro. *Animal Feed Science and Technology* 105(1): 163-184.
68. INEGI (Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos) Mexicanos (Chapa de Mota, Clave geoestadística 15026). 2009. México
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/15/15026.pdf>. [consulta: 15 nov 2016].

69. Kaplan RM. 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in parasitology* 20(10):477-481.
70. Killeen GF, Madigan CA, Connolly CR, Walsh GA, Clark C, Hynes MJ, Power RF. 1998. Antimicrobial saponins of *Yucca schidigera* and the implications of their in vitro properties for their in vivo impact. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3178-3186.
71. Kimball BA, Provenza FD. 2003. Chemical defense and mammalian herbivores. 1-16
72. Kommuru DS, Barker T, Desai S, Burke JM, Ramsay A, Mueller HI, Terrill TH. 2014. Use of pelleted sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) for natural control of coccidia and gastrointestinal nematodes in weaned goats. *Veterinary parasitology* 204(3): 191-198.
73. Leng RA. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition research reviews*. 3(1): 277-303.
74. Lopes LB, Nicolino R, Capanema RO, Oliveira CSF, Haddad JPA, Eckstein C. 2015. Economic impacts of parasitic diseases in cattle. *CAB Reviews*, 10(051): 1-10.
75. Makkar HPS. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage: a laboratory manual. Springer Science & Business Media.
76. Makkar HPS. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small ruminant research*. 49(3): 241-256.
77. Manolaraki F, Sotiraki S, Stefanakis A, Skampardonis V, Volanis M, Hoste H.

2010. Anthelmintic activity of some Mediterranean browse plants against parasitic nematodes. *Parasitology* 137(04): 685-696.
78. Marley CL, Cook R, Keatinge R, Barrett J, Lampkin NH. 2003. The effect of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites. *Veterinary parasitology* 112(1): 147-155.
79. Martínez-Ortiz-de-Montellano C, Arroyo LC, Fourquaux I, Torres AJFJ, Sandoval CCA, Hoste H. 2013. Scanning electron microscopy of *Haemonchus contortus* exposed to tannin-rich plants under in vivo and in vitro conditions. *Experimental parasitology* 133(3): 281-286.
80. Martínez-Ortiz-de-Montellano C, Vargas-Magaña JJ, Canul-Ku HL, Miranda-Soberanis R, Capetillo-Leal C, Sandoval-Castro CA, Torres-Acosta JFJ. 2010. Effect of a tropical tannin-rich plant *Lysiloma latisiliquum* on adult populations of *Haemonchus contortus* in sheep. *Veterinary Parasitology*. 172(3-4): 283-290.
81. Martínez-Ortiz-de-Montellano C. 2010. Mécanismes d'action de plantes riches en tanins sur les nématodes gastrointestinaux adultes des petits ruminants (Doctoral dissertation, INPT).
82. Martínez-Ortiz-de-Montellano C, Cervantes MJC, Saldaña HN, Pérez HHM, Torres-Acosta JFJ. 2018. ¿Debo desparasitar a todas las ovejas durante el periodo crítico de la lactación?. XLII Congreso Nacional de Buiatría.
83. Mavrot F, Hertzberg H, Torgerso P. 2015. Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis.

Parasites & Vectors 8:557.

84. Mazid M, Khan TA, Mohammad F. 2011. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biology and Medicine* 3(2): 232-249.
85. McMahon LR, McAllister TA, Berg BP, Majak W, Acharya SN, Popp JD, Cheng KJ. 2000. A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Canadian Journal of Plant Science* 80(3): 469-485.
86. McSweeney CS, Palmer B, Bunch R, Krause DO. 2001. Effect of the tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *Journal of Applied Microbiology* 90(1): 78-88.
87. Mechineni A, Kommuru DS, Gujja S, Mosjidis JA, Miller JE, Burke JM, Kouakou B. 2014. Effect of fall-grazed sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) on gastrointestinal nematode infections of growing goats. *Veterinary parasitology* 204(3): 221-228.
88. MEXU. 2012. Instituto de Biología UNAM. <http://www.ib.unam.mx/botanica/herbario/>. [consulta: 15 Abril 2016]
89. Min BR, Hart SP. 2003. Tannins for suppression of internal parasites. *Journal of Animal Science* 81(2): 102-109.
90. Morgan ER, Van Dijk J. 2012. Climate and the epidemiology of gastrointestinal nematode infections of sheep in Europe. *Veterinary parasitology*, 189(1): 8-14.
91. Mostacedo B, Fredericksen T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal.
92. Mueller HI, McAllan AB. 1992. Tannins: their biochemistry and nutritional

- properties. *Adv. Plant Cell Biochemistry. Biotechnology.* 1: 151–217.
93. Muñoz LA, González GR, López AME, Ramírez VR, Ruíz FA, García MG, Torres HG. 2015. Anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes from grazing beef cattle in Campeche State, Mexico. *Tropical animal health and production*, 47(6): 1049-1054.
94. Nahed J, Sánchez A, Grande D, Pérez GF. 1998. Evaluation of promissory tree species for sheep feeding in The Highlands of Chiapas, Mexico. *Animal feed science and technology* 73(1): 59-69.
95. Nair PKR. 1991. State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45: 5-29.
96. Nair PKR. 1993. *An introduction to agroforestry.* Florida, USA: ICRAF.
97. Nari A, Eddi C, Martins JR, Benavides E. 2003 *Resistencia a lo antiparasitarios, estado actual con énfasis en América Latina* 157. FAO.
98. National Research Council (NRC). 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids.* National Academy of Science, Washington, DC 347p.
99. Nieuwhof GJ, Bishop SC. 2005. Costs of the major endemic diseases of sheep in Great Britain and the potential benefits of reduction in disease impact. *Animal Science* 81: 23-29.
100. Niezen JH, Waghorn GC, Charleston WAG. 1998. Establishment and fecundity of *Ostertagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis* in lambs fed lotus (*Lotus pedunculatus*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Veterinary Parasitology* 78(1): 13-21.
101. O'Connor LJ, Walkden-Brown SW, Kahn LP. 2006. Ecology of the free-

- living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary parasitology*, 142(1-2): 1-15.
102. Olivares PJ, Rojas HS, Avilés NF, Camacho DLM, Cipriano SM, Jiménez GR, Quiroz CF. 2016. Uses of non-leguminous trees in silvopastoral systems in the south of the State of Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(8): 193-202.
103. Ortiz TM, Lara BA, Huerta BM, Miranda RLA, Martínez HPA, García MJG. 2014. Comportamiento productivo y reproductivo de ovejas en un sistema silvopastoril intensivo del trópico mexicano. XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles 383-387.
104. Otero MJ, Hidalgo LG. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales (una revisión). *Livestock Research for Rural Development* 16(2): 1-9.
105. Palma GJM, Nahed TJ, Sanginés GL. 2011. Alternativas para una reconversión ganadera sustentable. Colima, México: Universidad de Colima, El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.
106. Palma JM. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 14(3): 95-104.
107. Palma JM, Román L. 2008. Cambios en la conducta ingestiva de los ovinos al modificar la altura inicial de pastoreo de *Leucaena*

- leucocephala*. Zootecnia Tropical, 26(3): 371-374.
108. Panadero AN. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. Revista de Medicina Veterinaria. (19): 113-122.
 109. Paolini V, De la Farge F, Prevot F, Dorchies P, Hoste H. 2005. Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. Veterinary Parasitology 127(3): 277-283.
 110. Paolini V, Dorchies P, Hoste H. 2003. Effects of sainfoin hay on gastrointestinal infection with nematodes in goats Vet. Rec 152: 600-601.
 111. Paolini V, Fouraste I, Hoste H. 2004. In vitro effects of three woody plant and sainfoin extracts on 3rd-stage larvae and adult worms of three gastrointestinal nematodes. Parasitology 129(01): 69-77.
 112. Papadopoulos E. 2008. Anthelmintic resistance in sheep nematodes. Small ruminant research 76: 99-103.
 113. Partida de la Peña JA, Braña VD, Jiménez SH, Ríos RFG, Buendía RG. 2013. Producción de carne ovina.
 114. Patra AK, Saxena J. 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. Phytochemistry 71(11): 1198-1222.
 115. Pieroni A, Howard P, Volpato G, Santoro RF. 2004. Natural remedies and nutraceuticals used in ethnoveterinary practices in inland southern Italy. Veterinary research communications. 28(1): 55-80.
 116. Provenza FD, Villalba JJ, Dziba LE, Atwood SB, Banner RE. 2003.

- Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small ruminant research*. 49(3): 257-274.
117. Provenza FD. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. *Journal of animal science* 74(8): 2010-2020.
118. Quiroz RH, Figueroa CJA, Ibarra VF, López AME (eds.). 2011. *Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos*. D. F, México.
119. Raju J, Sahoo B, Chandrakar A, Sankar M, Garg AK, Sharma AK, Pandey AB. 2015. Effect of feeding oak leaves (*Quercus semecarpifolia* vs *Quercus leucotricophora*) on nutrient utilization, growth performance and gastrointestinal nematodes of goats in temperate sub Himalayas. *Small Ruminant Research* 125: 1-9.
120. Ramírez RCA, Barry TN, Pomroy WE, López VN, McNabb WC, Kemp PD. 2005. Use of *Lotus corniculatus* containing condensed tannins to increase summer lamb growth under commercial dryland farming conditions with minimal anthelmintic drench input. *Animal Feed Science and Technology* 122(3): 197-217.
121. Re GA, Piluzza G, Sanna F, Molinu MG, Sulas L. 2018. Polyphenolic composition and antioxidant capacity of legume based swards are affected by light intensity in a Mediterranean agroforestry system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
122. Retama-Flores C, Torres-Acosta JFJ, Sandoval CCA, Aguilar CAJ, Cámara SR, Canul KHL. 2012. Maize supplementation of Pelibuey sheep in

- a silvopastoral system: fodder selection, nutrient intake and resilience against gastrointestinal nematodes. *animal* 6(01): 145-153.
123. Reynecke DP, Waghorn TS, Oliver AM, Miller CM, Vlassoff A, Leathwick DM. 2011. Dynamics of the free-living stages of sheep intestinal parasites on pasture in the North Island of New Zealand. 2. Weather variables associated with development. *New Zealand veterinary journal*, 59(6): 287-292.
124. Ríos SJC, Valenzuela NLM, Rivera GM, Trucíos-CR, Sosa PGA. 2012. Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 6(3): 174-180.
125. Rochfort S, Parker AJ, Dunshea FR. 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*. 69(2): 299-322.
126. Roeber F, Jex AR, Gasser RB. 2013). Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance-an Australian perspective. *Parasites & vectors*. 6(1): 153.
127. Sánchez MD, Rosales MM. 1999. Agroforestería para la producción animal en América Latina. Memorias de una Conferencia Electrónica realizada de Abril a Septiembre de 1998. FAO.
128. Sandoval-Castro CA, Torres-Acosta JFJ, Hoste H, Salem AZM, Chan-Pérez JI. 2012. Using plant bioactive materials to control gastrointestinal tract helminths in livestock. *Animal Feed Science and Technology*. 176(1-4): 192-201.
129. Santos MC, Silva BF, Amarante AF. 2012. Environmental factors

- influencing the transmission of *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*, 188(3-4): 277-284.
130. Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram KM, Latha LY. 2011. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 8(1).
131. Sayers G, Sweeney T. 2005. Gastrointestinal nematode infection in sheep—a review of the alternatives to anthelmintics in parasite control. *Animal Health Research Reviews*. 6(2): 159-171.
132. Shaik SA, Terrill TH, Miller JE, Kouakou B, Kannan G, Kaplan RM, Mosjidis JA. 2006. *Sericea lespedeza* hay as a natural deworming agent against gastrointestinal nematode infection in goats. *Veterinary Parasitology* 139(1): 150-157.
133. Shalaby HA. 2013. Anthelmintics resistance; how to overcome it?. *Iranian journal of parasitology* 8(1): 18.
134. SHCP-FND. 2015. Panorama de la carne y lana de ovino. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información. <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Ovino.pdf> [consulta: 15 nov 2016].
135. Shimada T. 2006. Salivary proteins as a defense against dietary tannins. *Journal of chemical ecology*. 32(6): 1149-1163.
136. SIAP. 2017. Anuario estadístico de la producción ganadera http://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

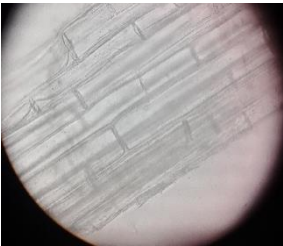
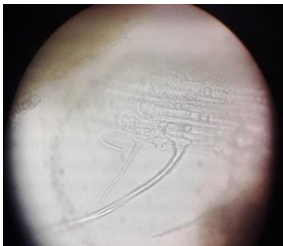
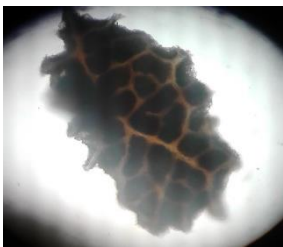

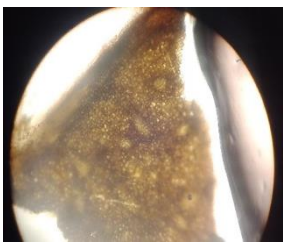
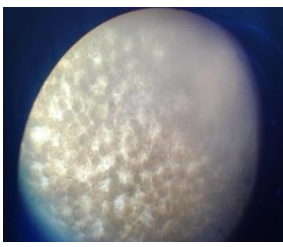
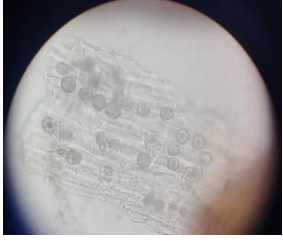

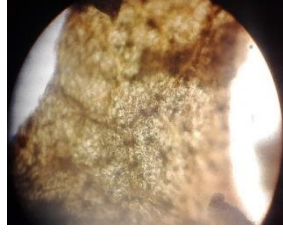

137. SIAP-SAGARPA. 2015.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/.../Poblaci_n_Ganadera_ov_ino.pdf [consulta: 15 nov 2016].
138. Simon BK. 2005. Grass phylogeny and classification: conflict of morphology and molecules. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*. 23(1): 259-266.
139. Soca M, Roque E, Soca M. 2005. Epizootiología de los nemátodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes. *Pastos y Forrajes*, 28(3).
140. Somarriba E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry systems* 19(3): 233-240.
141. Stear MJ, Doligalska M, Donskow SK. 2007. Alternatives to anthelmintics for the control of nematodes in livestock. *Parasitology*. 134(2): 139-151.
142. Stromberg BE. 1997. Environmental factors influencing transmission. *Veterinary Parasitology*, 72(3-4): 247-264.
143. Surmen M, Yavuz T, Albayrak S, Cankaya N. 2013. Forage yield and quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) lines in the black sea coastal area of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1): 40-45.
144. Sutherland IA, Leathwick DM. 2011. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue?. *Trends in parasitology* 27(4): 176-181.
145. Sykes AR. 1994. Parasitism and production in farm animal. *Animal Production* 59: 155-172.
146. Taylor JLS, Rabe T, McGaw LJ, Jäger AK, Van Staden J. 2001.


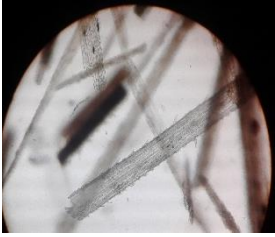


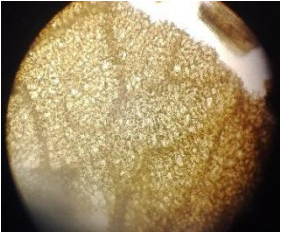

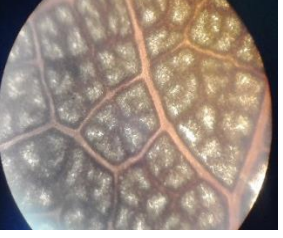
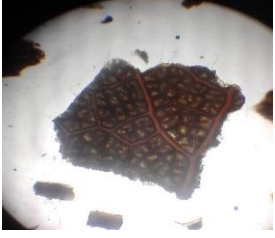
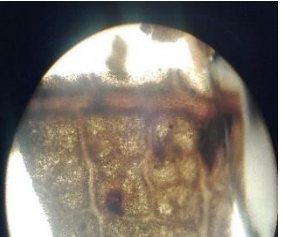
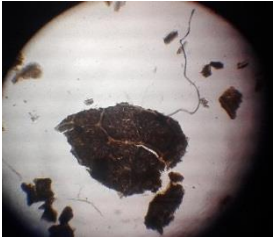
- Towards the scientific validation of traditional medicinal plants. *Plant growth regulation*. 34(1): 23-37.
147. Terrill TH, Mosjidis JA, Moore DA, Shaik SA, Miller JE, Burke JM, Wolfe R. 2007. Effect of pelleting on efficacy of sericea lespedeza hay as a natural dewormer in goats. *Veterinary Parasitology* 146(1): 117-122.
148. Torres-Acosta JFJ, Dzul CU, Aguilar CAJ, Rodriguez VRI. 2003. Prevalence of benzimidazole resistant nematodes in sheep flocks in Yucatan, Mexico. *Veterinary parasitology* 114(1): 33-42.
149. Torres-Acosta JFJ, Mendoza-de-Gives P, Aguilar CAJ, Cuéllar OJA. 2012. Anthelmintic resistance in sheep farms: update of the situation in the American continent. *Veterinary parasitology* 189(1): 89-96.
150. Van Soest P, Robertson J. 1979. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In *Standardization of analytical methodology for feeds: proceedings....* IDRC, Ottawa, ON, CA.
151. Várady M, Papadopoulos E, Dolinská M, Königová A. 2011. Anthelmintic resistance in parasites of small ruminants: sheep versus goats. *Helminthologia*. 48(3): 137-144.
152. Vargas-Magaña JJ, Torres-Acosta JFJ, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro CA, Hoste H, Chan-Pérez JI. 2014. Anthelmintic activity of acetone–water extracts against *Haemonchus contortus* eggs: Interactions between tannins and other plant secondary compounds. *Veterinary parasitology*. 206(3-4): 322-327.
153. Villalba JJ, Provenza FD, Bryant JP. 2002. Consequences of the interaction between nutrients and plant secondary metabolites on herbivore



- selectivity: benefits or detriments for plants?. *Oikos*. 97(2): 282-292.
154. Villalobos L, Sánchez JM. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, 34(1): 43-52.
155. Von SDFE, Alonso DMA, Valles DMB, Capetillo LCM. 2012. In vitro anthelmintic activity of five tropical legumes on the exsheathment and motility of *Haemonchus contortus* infective larvae. *Experimental parasitology* 131(4): 413-418.
156. Von Son-de Fernex E, Alonso-Díaz MÁ, Mendoza-de Gives P, Valles-de la Mora, B, González-Cortazar M, Zamilpa A, Gallegos EC. 2015. Elucidation of *Leucaena leucocephala* anthelmintic-like phytochemicals and the ultrastructural damage generated to eggs of *Cooperia spp.* *Veterinary parasitology*. 214(1-2): 89-95.
157. Waghorn TS, Reynecke DP, Oliver AM, Miller CM, Vlassoff A, Koolaard, JP, Leathwick DM, 2011. Dynamics of the free-living stages of sheep intestinal parasites on pasture in the North Island of New Zealand. 1. Patterns of seasonal development. *New Zealand veterinary journal*, 59(6): 279-286.
158. Wallace RJ. 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proceedings of the Nutrition Society* 63(04):621-629.
159. Waller PJ. 2003. Global perspectives on nematode parasite control in ruminant livestock: the need to adopt alternatives to chemotherapy, with emphasis on biological control. *Animal Health Research Reviews*. 4(1): 35-

- 44.
160. Waller PJ. 2006. Sustainable nematode parasite control strategies for ruminant livestock by grazing management and biological control. *Animal Feed Science and Technology*. 126(3-4): 277-289.
161. Werne S, Perler E, Maurer V, Probst JK, Hoste H, Drewek A, Heckendorn F. 2013. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) and faba bean (*Vicia faba*) on the periparturient rise in ewes infected with gastrointestinal nematodes. *Small Ruminant Research* 113(2): 454-460.
162. Wink M. 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry* 64(1): 3-19.
163. Yoshihara E, Minho AP, Cardim ST, Tabacow VBD, Yamamura MH. 2014. In vitro ovicidal and larvicidal activity of condensed tannins on gastrointestinal nematode infestations in sheep (*Ovis aries*). *Seminario: Ciências Agrárias, Londrina* 35(6): 3173-3180.

ANEXO

Nombre	Fotografías		Características
<i>Brachypodium mexicanum</i>			Células epidérmicas alargadas en forma rectangular. Presencia de tricomas largos de superficie lisa
<i>Quercus urbanii</i>			Células epidérmicas irregulares y nervaduras reticuladas
<i>Bidens ostruthioides</i>			Células epidérmicas hexagonales irregulares con presencia de estomas anomocíticos pequeños
<i>Symphoricarpus microphyllus</i>			Presencia de cristales prismáticos (drusas) dispuestos en hileras sobre nervaduras y tricomas estrellados
<i>Arracacia sp</i>			Células epidérmicas irregulares

<i>Piptochaetium virescens</i>			Células epidérmicas con presencia de estomas. Presencia de tricomas aserrados
<i>Garrya laurifolia</i>			Presencia de estomas anomocíticos de gran tamaño
<i>Monnina ciliolata</i>			Nervaduras reticulínervias con células epidérmicas irregulares
<i>Crataegus mexicana</i>			Nervaduras reticulínervias bien definidas
NI1			Nervaduras reticulínervias bien definidas

<p><i>NI2</i></p>			<p>Presencia de tricomas grandes ornamentados</p>
-------------------	---	--	---