



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TEQUESQUITE E IVERMECTINA, SOBRE LA
CARGA PARASITARIA Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN OVINOS
AMECAMECA, EDO. DE MÉXICO.**

T E S I S

(Idónea Comunicación de Resultados)

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA

M.V.Z. LEYDY AMAIRANI AGUILAR RUEDA

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR:

Dr. JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ GARCÍA

CODIRECTOR:

Dr. CAMILO ROMERO NÚÑEZ

ASESOR:

Dr. GERMÁN DAVID MENDOZA MARTÍNEZ

CIUDAD DE MÉXICO, JUNIO DE 2016.

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres Rebeca y Cesar, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto, que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complica, los amo. Gracias por ser mis pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que he logrado muchas cosas.

A mis hermanos Heladio y Emmanuel, por su apoyo que me han otorgado y me ayudaron a salir me del estrés.

A mi hermana Brenda, a Daniel y a Dulce quienes siempre me otorgaron su apoyo y sus grandes consejos para poder terminar este proyecto y seguir avanzando, asimismo por quererme y estar siempre a mi lado.

A mi abuelita Hermelinda porque siempre me preguntaba cómo me fue y me daba muchos ánimos y consejos para poder continuar en mi camino, por acompañarme en mis desveladas, muchas gracias.

A mis abuelos Lorenza y Alfonso por apoyarme siempre y transmitirme las enseñanzas necesarias para poder superar cualquier obstáculo que tuviera en la vida.

A mi tía Mary por sus ánimos y atenciones durante la licenciatura y maestría,

A mi tía Rosa quien me ha guiado, aconsejado y apoyado siempre en todas mis decisiones y estar siempre presente.

A mi tía Bety, mi tío Gery, mi prima Dani, Fernanda, Mariana y a Sra. Lila quienes me han apoyado incondicionalmente en todo momento, por siempre estar conmigo en las buenas y malas. Gracias por ser siempre muy atentos conmigo y ser un pilar en mi vida.

A Ixel por su apoyo incondicional. por su consejos y por ayudarme con los borregos (que rico saben las muestras verdad Emanuel e Ixe

A mis profesores desde el preescolar hasta este momento, a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por prepararme para un futuro competitivo no solo como los mejores profesionales sino también como mejores personas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Antonio Martínez por sus consejos otorgados y guiarme en este camino.

Al Dr. German D. Mendoza por su gran apoyo y dedicación a mi proyecto, por enseñarme hacer gran persona y ser un gran ejemplo de inspiración e admiración.

Al Dr. Camilo Romero por su gran apoyo, amistad, consejos y confiar siempre en mi, muchas gracias por todo Dr.

Al Dr. Plata por brindarme su tiempo ayudándome y sus grandes comentarios

A los doctores de la Maestría en Ciencias Agropecuarias en especial a la Dr. Guadalupe Prado, por brindarme su apoyo incondicionalmente, su gran amistad, sus muy grandes consejos y alientos.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Situación de la producción ovina en México	2
2.1.1. Inventario ovino.....	2
2.1.2. Producción ovina nacional.....	4
2.1.3. Consumo per cápita.....	4
2.1.4. Importaciones y exportaciones.....	5
2.1.5. Precios.....	5
2.2. Parasitosis en ovinos.....	6
2.2.1. Principales parásitos en ovinos.....	7
2.2.2. Nematodos.....	7
2.2.2.1 <i>Haemonchus contortus</i>	7
2.2.2.2 Hemoncosis.....	8
2.2.3. Protozoarios.....	9
2.2.3.1 <i>Eimerias</i>	9
2.2.3.2. Coccidiosis.....	11
2.3. Principales antihelmínticos usados en ovinos.....	11
2.3.1. Ivermectina.....	12
2.3.1.1 Absorción y distribución.....	12
2.3.1.2. Metabolismo y excreción.....	12
2.4. Resistencia antihelmíntica.....	13
2.5. Uso alternativo para el control de parásitos.....	14
2.5.1. Inmunización con larvas.....	15
2.5.2. Vacunas.....	16
2.5.3. Agujas de cobre.....	16
2.5.4. FAMACHA.....	17
2.5.5. Uso de aceites esenciales y de plantas.....	18
2.5.6. Tequesquite.....	20
2.5.6.1 Composición química del tequesquite.....	20

2.6 Interacción nutrición-parásitos	20
2.6.1. Deficiencias nutricionales	22
2.7 Importancia de la nutrición mineral en los ovinos.....	23
2.7.1. Deficiencias características y toxicidad de algunos minerales en los ovinos.....	23
2.7.1.1. Calcio	23
2.7.1.2. Sodio	24
2.7.2. Interrelaciones entre minerales	25
2.7.3.4. Interacción Ca-Zn	25
3. UBICACIÓN DEL PROBLEMA	25
3.1 Biológico.....	25
3.2 Salud pública.....	26
3.3. Económico.....	26
4. PROBLEMÁTICA A RESOLVER.....	27
5. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA ESTUDIADO	27
6. IMPACTO	27
6.1 Salud pública.....	27
6.2 Económico.....	28
6.3 Biológico.....	28
7. OBJETIVOS	28
7.1 Objetivo general.....	28
7.2. Objetivos particulares.....	28
8. HIPÓTESIS.....	29
9. METODOLOGÍA.....	29
8.1 Localización.....	29
8.2 Tipo de estudio.....	29
8.3 Animales e instalaciones.....	30
8.4 Tratamientos.....	30
8.5 Variables evaluadas.....	30
8.6 Evaluación de parámetros productivos.....	31

8.7 Evaluación de la carga parasitaria	31
8.8 Análisis del tequesquite	32
8.9 Diseño experimental y análisis estadístico	32
8.10 Implicaciones éticas	32
10. RESULTADOS	33
11. DISCUSIÓN	38
12. CONCLUSIÓN	42
13. REFERENCIAS	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Situación de la producción ovina en México.	3
2	Resistencia antihelmíntica en ovinos de México.	15
3	Valores de FAMACHA y su respectivo porcentaje de hematocrito	18
4	Plantas con acción antihelmíntica.	21
5	Efecto del ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria.	35
6	Porcentaje de eficacia antihelmíntica de ivermectina y tequesquite en ovinos.	36
7	Efecto de suministrar ivermectina y tequesquite en algunas variables productivas de ovinos.	36
8	Prueba de medias comparativas en hematología de ovinos con tequesquite e ivermectina.	36
9	Efecto del tequesquite y la ivermectina al realizar la FAMACHA	35
10	Determinación de mineral del tequesquite por medio de la NOM-021-RECNAT-2000.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Inventario ovino en México (1960-2010).	3
2	Producción nacional de la carne ovina (2000-2010).	4
3	Producción e importación de la carne ovina en México 2000–2010.	5
4	Precio ponderado nacional del kg de carne de ovino del 2000 al 2010 en pesos mexicanos.	6
5	Componentes del tequesquite.	21

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura es una industria en crecimiento y es una alternativa de producción agropecuaria, debido a la suma de cualidades que tiene la especie y las condiciones favorables que presenta el mercado (Pariacote, 2006), las parasitosis continúan siendo una limitación en los actuales sistemas de producción (González *et al.*, 2011), su control es una herramienta prioritaria para mejorar los niveles productivos (Bulman, 2012), se ha usado un moderno y extenso arsenal terapéutico para combatirlos (González *et al.* 2011), sin embargo, su uso a menudo es de manera indiscriminada y sin ningún conocimiento epidemiológico (Lara, 2013), la infestación por parásitos gastrointestinales ha generado problemas de salud animal a nivel mundial, ocasionado trastornos digestivos, reducción de ganancia de peso, mayor conversión alimenticia, detrimento en la calidad de la respuesta inmune y pérdidas económica (Qadir *et al.*, 2010). Las herramientas de control antihelmintico utilizadas han sido insuficientes (Iglesias *et al.*, 2005), por ejemplo la ivermectina presenta reportes de resistencia a los nematodos gastrointestinales en numerosos países (Rodríguez *et al.*, 2010), por lo que es importante buscar diferentes alternativas para el control de nematodos gastrointestinales (Nery *et al.*, 2010). En la ovinocultura orgánica incluyen tequesquite en los bebederos como tratamiento único para los parásitos, pero no hay una evaluación científica de este procedimiento. El Tequesquite es una roca alcalina compuesta de varios minerales, principalmente de bicarbonato de sodio y cloruro de sodio, (Ortiz, 1991; Siméon, 2007). Por lo antes mencionado el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria y comportamiento productivo en ovinos estabulados de raza criolla en Amecameca, estado de México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La ovinocultura está orientada principalmente a la producción y engorda de corderos para el abasto (Soto *et al.*, 2007), y principalmente se consume la carne en forma de barbacoa, para lo cual se requiere de borregos de por lo menos 40 kg en pie (Huerta, 2008). En el año 2007 México produjo 96 129 toneladas de carne de ovino, de las cuales 48 534 fueron comercializadas en canal (SAGARPA, 2012). Unos beneficios de la ovinocultura es que los animales se adaptan favorablemente a ciertas condiciones ambientales de rusticidad, es una actividad complementaria en el ingreso económico del productor (Pérez *et al.*, 2011), la OECD-FAO, (2011) prevé para México, un incremento del 36% en la producción de carne ovina para el año 2016.

2.1. Situación de la producción ovina en México.

El SIAP-SAGARPA, (2013) menciona que todas las entidades del país producen carne de ovino, sin embargo, Hidalgo y el Estado de México son los de mayor importancia, ya que participan con el 16.4% y 15.7% respectivamente (Cuadro 1). En México se tienen registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, el 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte (PROGAN, 2010).

En el año 2013 se obtuvieron por este concepto 3,020 millones de pesos, de los que prácticamente el 99% correspondió a producción de carne en canal y el 1% a lana sucia (SIAP-SAGARPA, 2015). La producción de lana es insignificante y en muchos casos representa pérdidas para el dueño de los animales (Cuellar, 2003).

2.1.1. Inventario ovino.

En los años 70' a los 90' el censo ovino nacional se mantuvo con pocos cambios, debido a que las superficies de pastoreo se transformaron en áreas de cultivo y se afectó en gran medida a la producción nacional, sin embargo, en los últimos 10 años ha tenido un crecimiento sostenido (Figura 1), llegando en 2010 a 8.1

millones cifras aportadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012).

Cuadro 1. Situación de la producción ovina en México (SIAP-SAGARPA, 2013).

Estados	Volumen		Valor	
	Toneladas	Participación %	Mdp	Participación %
Hidalgo	7253	12.5	496.4	16.4
México	8596.5	14.8	475.5	15.7
Veracruz	4819.5	8.3	231.8	7.7
Puebla	4125.1	7.1	220.9	7.3
Zacatecas	4175.7	7.2	207.7	6.9
Total nacional	57980.5	100	3020.2	100

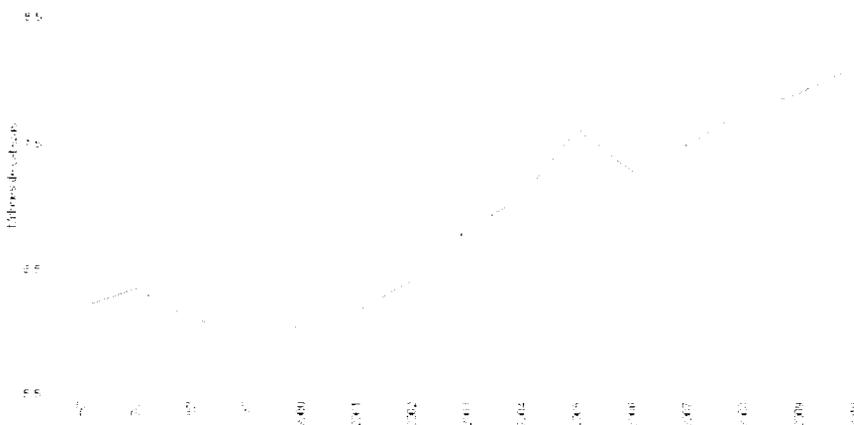


Figura 1. Inventario ovino en México (1960-2010) (SAGARPA, 2012).

2.1.2. Producción ovina nacional.

La producción ovina nacional reportada por SAGARPA en 2011 fue de 56,215 toneladas, presentándose un incremento mayor al 50% en los últimos diez años (Figura 2).

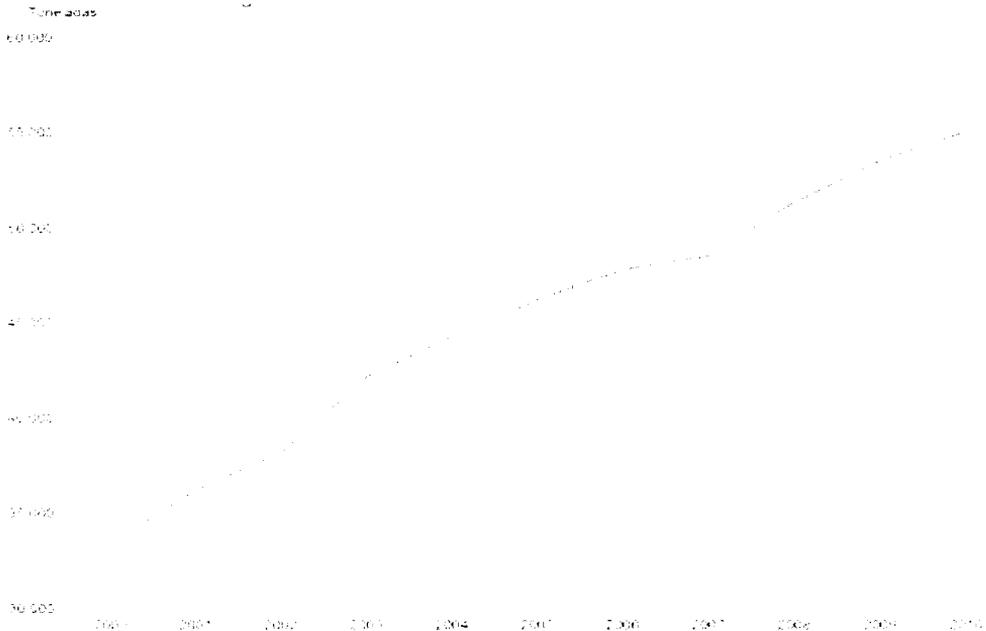


Figura 2. Producción nacional de la carne ovina (2000-2010)
(SAGARPA, 2012).

2.1.3. Consumo per cápita.

En México, el consumo de carne por persona (res, cerdo, ave, ovina y caprina en conjunto) en 1970 era de 23 kilogramos; para 1990 fue de 34 y actualmente es de 63 kg, lo que significa que en las dos últimas décadas registró un incremento de 84.5% (SAGARPA, 2012). Sin embargo el consumo per cápita para carne de ovinos en 1983 era de 305 g por habitante, incrementándose para el 2012 a 800 g por habitante por año (SIAP, 2012).

2.1.4. Importaciones y exportaciones.

En el 2000, la oferta de carne ovina, era deficiente, dependiendo en gran medida de la importación, principalmente de carne congelada de Australia, Nueva Zelanda, EUA y Chile, sin embargo para satisfacer el consumo total en 2009, la producción ovina nacional aporó el 70% y las importaciones han disminuido al 30% (Figura 3) (SAGARPA, 2012).

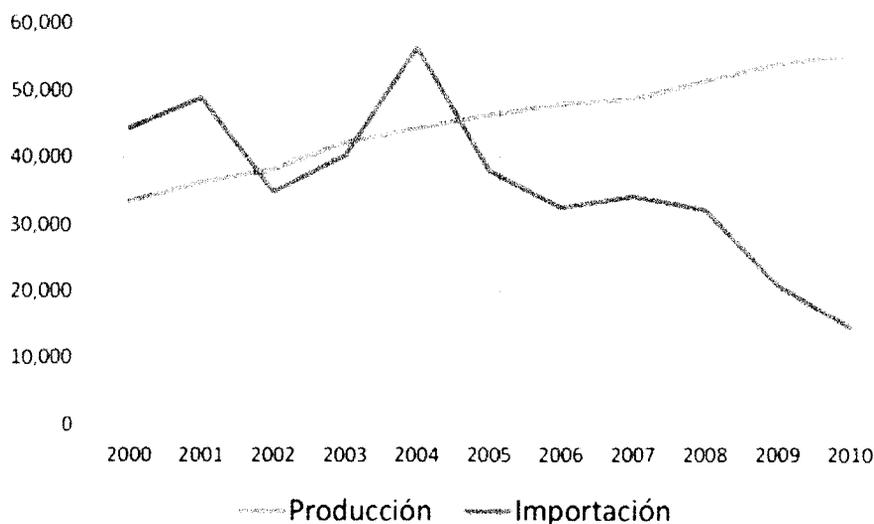


Figura 3. Producción e importación de la carne ovina en México 2000–2010 (SAGARPA, 2012).

2.1.5. Precios.

El precio en pie del ganado ovino para abasto, ha mantenido un avance lento, pero continuo durante la última década, existiendo pocas fluctuaciones a través del año y actualmente resulta uno de los productos pecuarios mejor pagado a nivel nacional e internacional (Figura 4) (SAGARPA, 2012). Sin embargo las parasitosis continúan siendo una limitación en los sistemas de producción ovina (Bulman, 2012).

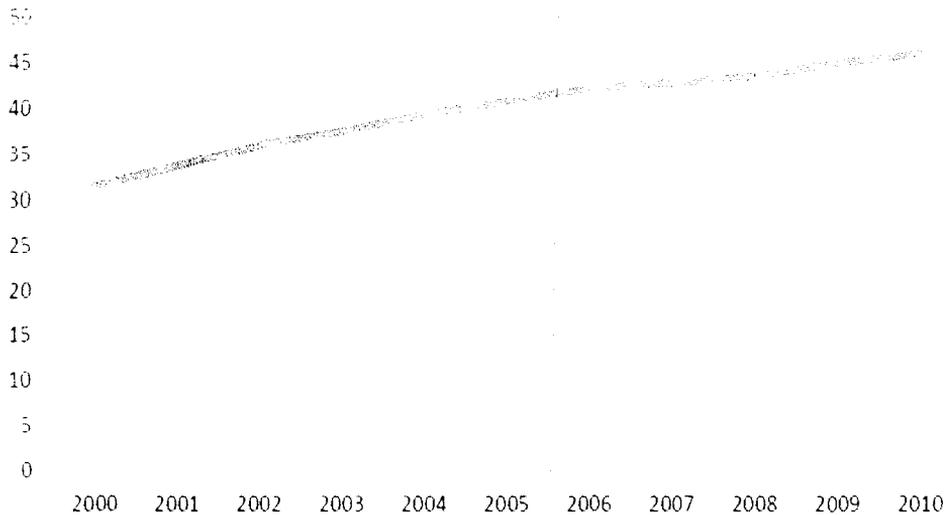


Figura 4. Precio ponderado nacional del kg de carne de ovino del 2000 al 2010 en pesos mexicanos (SAGARPA, 2012).

2.2. Parasitosis en ovinos.

Las parasitosis intestinales son infecciones que pueden producirse por la ingestión de quistes de protozoos, huevos, larvas de gusanos o por la penetración de larvas por vía transcutánea desde el suelo. Cada uno de ellos va a realizar un recorrido específico en el hospedero y afectará a uno o varios órganos (Avalos *et al.*, 2013).

Las enfermedades parasitarias ocasionan significativamente una reducción a los ingresos totales de los productores (Jackson *et al.*, 2009; Mavrogianni *et al.*, 2011), ocasionando la reducción de la producción de carne, leche y lana (Quiroz *et al.*, 2011). Provocando el desaliento y abandono de la actividad pecuaria (González *et al.*, 2007). En Asia las enfermedades parasitarias ocasionan pérdidas por más de 3 mil millones de dólares por año (Spithill *et al.*, 1999).

Asimismo las acciones patógenas de los parásitos gastrointestinales, influyen directamente sobre los valores hemáticos, haciéndose muy notables sobre la disminución de la hemoglobina y el valor del hematocrito (Hto), lo cual ocasiona anemia, anorexia, pérdida de peso, depresión y muerte (Rowe *et al.*, 2008).

2.2.1. Principales parásitos en ovinos.

Las parasitosis gastrointestinales en rumiantes son generalmente producidas por helmintos (cestodos, trematodos y nematodos) y protozoarios, presentando importancia a nivel mundial especialmente en áreas tropicales y subtropicales donde se pueden alcanzar las mayores prevalencias (González *et al.*, 2011). En los nematodos se encuentran *Haemonchus* spp., *Cooperia* spp. y *Trichostrongylus* en cestodos *Moniezia* spp. y *Eimerias* spp. en protozoarios (Rojas *et al.*, 2007; Muñoz *et al.*, 2008).

2.2.2. Nematodos.

Los nematodos son gusanos redondos, no segmentados. Su tamaño varía desde pocos milímetros hasta más de un metro de longitud. Poseen aparato digestivo, sexos separados y ciclos vitales directos e indirectos. Tienen reproducción sexual y los machos son más pequeños que las hembras (Rojas *et al.*, 2007; Muñoz *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011).

Los huevos son de forma redondeada u oval. En algunos, los márgenes laterales están aplanados en diferente medida, a veces, son asimétricos. En general, puede decirse que sus medidas oscilan entre 50 y 130µm, aunque los hay mayores. Los huevos de algunas especies presentan una cubierta muy gruesa (ascáridos y tricúridos) y otros, delgada (estrongílicos y ancilostómidos) (Vicente y Martín, 2002). El principal nemátodo encontrado en ovinos es *Haemonchus contortus* y se encuentra ampliamente distribuido por todo el mundo (González *et al.*, 2011).

2.2.2.1 *Haemonchus contortus*.

Haemonchus se localiza en el cuarto compartimiento o estómago verdadero (abomaso) del hospedador, en el cual los machos y hembras copulan, las hembras adultas de *H. contortus* pueden eliminar hasta 10000 huevos diarios en las heces del hospedador al medio ambiente (Cordero del Campillo *et al.*, 2000). Los huevos se desarrollan a medida que discurren por el intestino del hospedador

y posteriormente en el medio, siendo aquellos que alcanzan el estado de pre-eclosión más resistentes a condiciones adversas como la congelación o la desecación (Soulsby, 1997). Según algunos autores la masa fecal serviría de protección frente a las condiciones ambientales (Zajac, 2006) y la humedad favorece la eclosión de los huevos (O'Connor *et al.*, 2007), dando lugar a la larva de primer estadio, que posteriormente se desarrolla a larva de segundo estadio y finalmente larva infestante o L3, en un periodo que puede durar entre 4 y 6 días en condiciones favorables de temperatura y humedad. La L3 migra de las heces (10 cm aproximadamente) y es ingerida con el pasto por el hospedador. En el rumen experimenta el desenvainamiento (Urquhart *et al.*, 2001).

La larva al llegar al abomaso penetra en su mucosa transformándose en L4, estas larvas son capaces de ingerir sangre y causar pequeñas hemorragias a partir de los 3 días post-infección. Después de la última muda, a los 9- 11 días, se transforman en L5 o preadultos, que maduran sexualmente y pasan a adultos (Anderson, 1992; Cordero del Campillo *et al.*, 2000).

Haemonchus contortus, tiene una acción parasitaria expoliatriz hematófaga, el signo característico es la anemia y como es muy elevado su potencial biótico suelen alcanzarse rápidamente altas cargas parasitarias por esta razón el cuadro de anemia y muerte de los animales se presenta también muy rápido (Romero y Boero, 2001). *Haemonchus* spp. ocasiona hemoncosis en los rumiantes (Abbott *et al.*, 1986).

2.2.2.2 Hemoncosis.

La hemoncosis tiene una acción patógena de pérdida de sangre, asociada a los estadios parasitarios que se alimentan de la misma, teniendo como consecuencia la disminución en el número de eritrocitos circulantes, aumento del volumen plasmático, reducción del valor hematocrito y una mayor tasa de producción de eritrocitos, junto con un incremento en la absorción del hierro de la dieta; además aumenta el catabolismo de la albúmina (Abbott *et al.*, 1986). Se han calculado pérdidas de sangre en el abomaso de hasta 253 ml por día en animales

infestados con una dosis de 300 L3 por kg de peso vivo (Rowe *et al.*, 1988). En estudios realizados por Roberts y Swan (1982) se comprobó que los niveles de hemoglobina eran predecibles a partir del número de huevos eliminados con las heces. Se asocia con la presencia de la anemia la cual puede desarrollarse en tres fases. En la primera fase existe una disminución progresiva del hematocrito junto con niveles normales del hierro sérico. Tras esta fase que durar unas 3 semanas, aparece la segunda fase caracterizada por la activación del sistema hematopoyético que produce una estabilización en los niveles de hematocrito, aunque continúan estando bajos. La segunda fase es de duración variable entre 1,5 y 3,5 meses aproximadamente y finalmente aparece la tercera fase caracterizada por una pérdida tanto de proteínas como de hierro sérico (Dargie y Allonby, 1975).

La diarrea también se asocia a la presencia de *Haemonchus* ssp. y es uno de los problemas de salud más graves que enfrentan los productores de ovejas en todo el mundo; que conduce a la pérdida de peso corporal y la condición y, también provoca el ensuciamiento de la lana, lo que resulta una lana devaluada (Broughan y Wall, 2007; Jacobson *et al.*, 2009).

2.2.3. Protozoarios

Los protozoarios son células eucariotas simples (organismos cuyas células tienen membrana nuclear) (Álvarez, 2006) y debido a su tamaño pequeño y a la producción de quistes que les permiten resistir a las condiciones medioambientales adversas, son cosmopolitas (Cairns y Ruthven, 1972). Sus ciclos de vida son complejos, ya que unos presentan etapas con reproducción asexual y otras en forma sexual (Deniz, 2009).

2.2.3.1 *Eimerias*

Las *Eimeria* son géneros de coccidias, en el ovino, presenta 13 especies (Rommel *et al.*, 2000). Valenzuela *et al.* (1988) mencionan que el inicio de la eliminación de

ooquistes es antes del primer mes de vida, según Bruere y West (1993), los corderos son los más susceptibles a las coccidiosis y son usualmente infecciones mixtas (Hidalgo y Cordero, 1987).

El ciclo biológico de las *Eimerias* es complejo (Strickland, 1992), cuando se ingieren los oocistos esporulados, por lo general por la contaminación fecal de los alimentos, emergen por la acción de la bilis y tripsina e invaden células epiteliales o la lámina propia, formando se trofozoito. Este estadio incrementa su tamaño y se transforma en una primera generación de esquizontes, que es de gran tamaño y la producción del triple de merozoitos. El merozoite primera generación interrumpir la célula e invade nuevas células para formar esquizontes de segunda generación en más pequeño y la producción un menor número de merozoitos. El número de generaciones de esquizontes, el tipo y la ubicación de las células infectadas y la cantidad de merozoitos formada varía con las especies de Coccidial. Esto se considera la fase de esquizogonia o merogonia multiplicación asexual. Es posible, para algunas especies, los esquizontes la invasión de tejidos adyacentes como es el caso de los vasos linfáticos de los tejidos epiteliales. La proliferación intracelulares y la interrupción de células epiteliales en los resultados de lesiones intestinales que resultan exacerbase por una infección bacteriana secundárias (Moredun Research Institute, 2012; Argüello, 1999; Nielsen, 2007; Bowman, 2009; Acedo *et al.*, 2013; Paredes, 2010).

Entonces, la fase se inicia desde gametogonia o multiplicación sexual, en la que merocitos de la última generación e invaden nuevas células y el desarrollo para formar microgametos (célula sexual masculina) o macrogametos (célula sexual femenina). El microgameto se convierte después de que varios multinucleada divisiones celulares, cada núcleo está incrustado en un microgameto biflagelada. El macrogameto aumenta de tamaño a medida que se acumulan los nutrientes, designando a macrogameto cuando se haya completado el crecimiento. Algunos microgametos producidos pueden fertilizar, produciendo un cigoto. Este cigoto se separa y se convierte en oocisto. El último paso, es la fase de esporogonia consiste en la liberación de oocistos por célula intestinal y el paso para el medio

ambiente heces. Después de uno o dos días, y con las condiciones adecuadas humedad, temperatura y oxígeno, célula individual que es el ooquiste, el esporonte, se divide en cuatro esporoblastos. Cada uno convierte los esporoblastos en esporocisto que contiene dos esporozoitos, es decir, cuatro esporocistos, cada uno con dos esporozoitos, organización específica de género *Eimeria*. y se llega a la eliminación total produciendo, los ooquistes esporulado (Bowman, 2009).

2.2.3.2. Coccidiosis

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria causada por *Eimerias*. El estado nutricional de los animales, la deficiencia de selenio, la alimentación con ensilaje, heno y tallos de maíz aumenta el riesgo de presentar coccidiosis (Ordaz, 2011). Corderos destetados tempranamente tienen más probabilidades de presentar la diferencia de los que están sujetos a un destete más tarde. Por otra parte animales con buena condición corporal puede eliminar gran cantidad de oocistos (Radostits *et al.*, 2006).

Varios estudios han examinado su impacto económico de las coccidiosis (Maas, 2007) y se estiman pérdidas de 300 millones por año en los EE.UU. y la mayor parte es por las infecciones subclínicas, por ejemplo, diarrea acuosa y/o hemorrágico y la mala condición corporal retrasos en el crecimiento, afectando los parámetros productivos (McAllister, 2006; Nielsen, 2007; Milleman, 2009; Toaleb *et al.*, 2011; Luca y Madeira, 2014).

2.3. Principales antihelmínticos usados en ovinos.

La evaluación de los antihelmínticos en ovinos ha sido estudiada a nivel mundial (Vazquez-Prats *et al.*, 2004; Giendinnin *et al.*, 2001). Cuellar, (2010) menciona que los anthelmínticos de mayor uso en México para ovinos son: Ivermectina (0.2 mg/kg), Moxidectina (0.2 mg/kg) y Albendazol (5.0 mg/kg).

2.3.1. Ivermectina.

La ivermectina es el principal antihelmíntico usado, es un fármaco que inmoviliza a los parásitos al inducir a lisis tónica de sus músculos, actúan sobre un grupo de canales de Cl⁻ sensibles a glutamato para producir este efecto. Los canales de Cl⁻ sensibles al glutamato probablemente sirven también como un sitio de acción de la Ivermectina en insectos y crustáceos. Las avermectinas interactúan con los receptores del ácido gamma-aminobutírico (GABA), en el cerebro de vertebrados (mamíferos), pero su afinidad por receptores de invertebrados es unas 100 veces mayor (Sumano y Ocampo, 1997).

2.3.1.1 Absorción y distribución.

Se puede aplicar por todas las vías, siendo las más recomendadas, la subcutánea, intramuscular y por derrame dorsal. Los procesos de absorción, manifiestan diferencias según las vías de aplicación (Sumano y Ocampo, 1997). Se absorbe totalmente cuando se aplica por vía subcutánea, registrándose una biodisponibilidad del 100%. La ivermectina se distribuye en todo el organismo, logrando concentraciones eficaces en las diferentes zonas y líquidos corporales, menos en los líquidos ruminal y abomasal de ovinos y bovinos. Esto último es debido al gran metabolismo que sufre la ivermectina en estos compartimientos digestivos. Por otra parte, esta deficiencia no altera la gran eficacia de la ivermectina (Macedo, 2002).

2.3.1.2. Metabolismo y excreción.

La ivermectina sin alterar es el mayor residuo tisular en el hígado, grasa, músculo y riñón en ovinos y bovinos (García *et al.*, 2011). La excreción se realiza en hígado, siendo eliminados los metabolitos mayoritariamente por las heces, orina y leche (5%) (Sumano y Ocampo, 1997). En bovinos y ovinos tratados vía subcutánea, el 1% de la dosis recogida en orina y heces es del 1.51 y 62% respectivamente, a los 7 días post-tratamiento. Del total excretado, más del 60% se elimina durante los 3 primeros días post-tratamiento. La excreción fecal es la mayor ruta de eliminación de la ivermectina, solamente menos del 2% de la dosis

se excreta en la orina en las especies estudiadas (bovinos y ovinos). (Macedo, 2002).

2.4. Resistencia antihelmíntica.

Debido a la elevada eficacia de los antihelmínticos disponibles en el mercado y a la complejidad de utilizar otras metodologías de control, los productores basan toda su estrategia de prevención en el uso indiscriminado y continuo del recurso químico (Suarez y Cristel, 2007), sin hacer alguna rotación de principios activos (Fiel *et al.* 2001; Botana *et al.* 2002) han provocado, el desarrollo de la resistencia antihelmíntica (Anziani, 2011). La resistencia ha sido definida como la capacidad heredable que tiene una fracción de una población para tolerar dosis tóxicas de sustancias químicas, que son letales para otras poblaciones de la misma especie, siendo la heredabilidad de la resistencia la característica más importante de este fenómeno (Torres *et al.*, 2007).

La resistencia puede ser intrínseca y adquirida. En la intrínseca un parásito es naturalmente insensible a una droga, debido a la ausencia de receptores o a la imposibilidad del fármaco para entrar a la célula (Márquez, 2003). La resistencia adquirida se presenta en los parásitos gastrointestinales que inicialmente son susceptibles a la acción terapéutica de un antihelmíntico (Torres *et al.* 2007).

La resistencia antihelmíntica limita la carga parasitaria y disminuyen la reproducción sexual en las hembras (Morales *et al.*, 2006; Morales y Pino, 2009) provocando gran repercusión económica, bajas utilidades al productor, favoreciendo el desaliento y abandono de la actividad pecuaria (Von Samson-Himmelstjerna, 2006; Cudekova *et al.*, 2010). La resistencia a los antihelmínticos se presenta con más frecuencia en ovinos que en bovinos (Williams, 1997), debido a que los pequeños rumiantes tienen dificultad para regular su parasitismo gastrointestinal (Jackson y Coop, 2000), requiriendo un mayor número de tratamientos para mantener el estado sanitario (Morales *et al.*, 2006).

La resistencia antihelmíntica se evalúa con la fórmula recomendada por la Asociación Mundial para el Avance de Parasitología Veterinaria (Coles *et al.*, 1992) y McKenna (2006), el obtener porcentajes de reducción de la ovoposición menores al 95%, indican una sospecha de resistencia al fármaco o bien que la dosis sea insuficiente para alcanzar una buena respuesta antihelmíntica. De acuerdo a los criterios establecidos por la WAAVP, el segundo requisito que se debe cumplir para que exista resistencia, es que el límite inferior del intervalo al 95% de confianza para el PRCH, sea menor de 90% (Coles *et al.*, 2006). En el cuadro 2 se mencionan estudios en los cuales se comprueban resistencia antihelmíntica en base a los criterios antes mencionados.

2.5. Uso alternativo para el control de parásitos.

Desde hace años, el control de las enfermedades parasitarias ha dependido, en gran medida, de los tratamientos con agroquímicos. Sin embargo, su uso representa un severo riesgo para la salud humana, contribuye al aumento de la contaminación de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Abdel-Monahim *et al.*, 2011), han dado lugar a la aparición de microorganismos altamente resistentes que conducen a enfermedades parasitarias con mayor incidencia que antes (Arboleda *et al.*, 2012),

El aumento de la conciencia pública de residuos de medicamentos en productos de origen animal, el aumento la resistencia de los parásitos a los antihelmínticos modernos, combinado con el deseo de una mayor forma sostenible de la agricultura, se ha traducido en un esfuerzo intensificado para encontrar opciones alternativas para el control de parásitos (Rahmann *et al.*, 2002), las cuales sean sencillas de aplicar y no tóxicas para seres humanos y animales (Naeini *et al.*, 2010).

Algunos métodos de control alternativo o complementarios, son inmunización con larvas, vacunas, agujas de cobre, el uso de aceites esenciales y de plantas (Hussain, 2008), ya que permite el consumo de carne o leche durante el

tratamiento y ser utilizado en hatos con resistencia a compuestos químicos, (Saumell, 2001).

Cuadro 2. Resistencia antihelmíntica en ovinos de México.

Genero de parasito	Antihelmíntico	Lugar	Autor (año)
<i>Haemonchus</i>	Albendazol Febentol Fenbendazol Oxfendazol	Hueytamalco, Puebla	Campos <i>et al.</i> , 1997
<i>Haemonchus</i>	Albendazol Febentol Fenbendazol Oxfendazol	Tizimin, Yucatán	Campos <i>et al.</i> , 1992
<i>Haemonchus</i>	SUlfoxido de albendazol	Tlapacoyan, Veracruz	Figuroa <i>et al.</i> , 2000
<i>Haemonchus</i>	Albendazol	Oriente de Yucatán	Torres <i>et al.</i> , 2003
<i>Haemonchus</i>	Ivermectina	Tlaxcala	Montalvo <i>et al.</i> , 2006
<i>Haemonchus</i>	Albendazol Ivermectina	Tierra Blanca, Veracruz, Campeche y Estado de México	Cuéllar, 2003
<i>Haemonchus y Teladorsargia</i>	Ivermectina	Noroeste de Tlaxcala	Montalvo <i>et al.</i> , 2006
<i>Haemonchus</i>	Albendazol Ivermectina Closantel	Tierra Blanca, Veracruz	Reyes <i>et al.</i> , 2008

2.5.1. Inmunización con larvas.

La inmunización se ha utilizado como método de control alternativo de los nematodos gastrointestinales. En este sentido, Rodríguez *et al.* (2011), inocularon 3 700 larvas L3 de *H. contortus* a corderos, lo que redujo el número de huevos por

gramo de heces (HPG); sin embargo, esta inmunización no mejoró la ganancia de peso en ovinos en pastoreo.

2.5.2. Vacunas.

Los avances más importantes en cuanto a vacunas han sido el descubrimiento y la caracterización de los antígenos que conceden inmunidad. El antígeno H-11 se ha utilizado para la producción de vacunas contra *H. contortus*, y ya es posible desarrollar esta vacuna de forma comercial (Martínez, 2010). Sin embargo, la producción de antígenos para la vacunación de los ovinos es una estrategia relativamente nueva y no existen suficientes estudios que demuestren su efectividad, por lo que se requiere realizar investigaciones sobre este tema. Asimismo, aun se deben descubrir las vacunas contra los demás géneros de nematodos parásitos de los ovinos.

2.5.3. Agujas de cobre.

El óxido de cobre, cuando es administrado en capsulas por vía oral, pasa a través del rumen y se aloja en los pliegues del abomaso, donde libera iones de cobre que ejercen un efecto antihelmíntico (Martínez, 2010). Rodríguez *et al.* (2011) encontraron que las agujas de óxido de cobre reducen las cargas de *H. contortus* entre un 75 y 90%; pero no mejoran la ganancia de peso de los animales. Asimismo, Galindo *et al.* (2011) comprobaron el efecto positivo de la aplicación de agujas de óxido de cobre en el control de los nematodos gastrointestinales en ovinos, ya que hallaron una reducción de hasta un 73 % en los parásitos adultos al realizar la inspección del abomaso pos sacrificio. A pesar del positivo efecto antihelmíntico del óxido de cobre, se ha demostrado que la acumulación de cobre en el hígado de los animales tratados constituye un riesgo, por lo que el uso de este método alternativo ha sido limitado (Rodríguez *et al.* 2011).

2.5.4. FAMACHA.

El método FAMACHA (Faffa Malan chart) relaciona la coloración de la conjuntiva del ojo con el estado anémico ocasionado por el parásito *Haemonchus contortus*. Este método permite desparasitar selectivamente a los animales más afectados y a su vez realizar una selección de individuos resistentes a esta patología, reduciendo el empleo de los desparasitantes (Vargas, 2006).

Este método ha sido evaluado con éxito en varios países localizados en las regiones tropicales y subtropicales del orbe, cabe destacar a nivel latinoamericano la incursión que han realizado en este método países como Brasil, Argentina Uruguay y México (Miller y Waller, 2004). En los Estados Unidos, fue validado en la región del Sur por los miembros del Consorcio para el Control de Parásitos de Pequeños Rumiantes (SCSRCP) (Burke, 2005), y actualmente es considerado el componente más importante dentro de un programa diseñado para reducir el desarrollo de resistencia a los desparasitantes comerciales (Kaplan, 2004). De acuerdo con Miller y Waller (2004) el método FAMACHA puede ser aplicado de manera directa e inmediata en todas aquellas regiones donde hemoncosis es uno de los principales problemas para la estabilidad productiva de los hatos. El principio de este sistema consiste en evaluar la coloración de la conjuntiva del ojo de los animales, y compararlo con una tabla ilustrada que muestra las posibles tonalidades estrictamente correlacionadas con la condición anémica del animal (Gauly, 2004; Burke, 2005) (Cuadro 3).

Las categorías establecidas se compararon con los niveles de Hematocrito (Ht) en sangre, Bisset *et al.* (2001) y Schoenian (2005) encontraron que los niveles y los valores de FAMACHA están significativamente relacionados y los valores establecidos se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Valores de FAMCAHA y su respectivo porcentaje de hematocrito

Tonalidades de mucosa	Valor de FAMACHA	Descripción	% de hematocritos
	1	No desparasitar	±28
	2	No desparasitar	23-27
	3	¿Desparasitar?	18-22
	4	Necesario desparasitar	13-17
	5	Urgente desparasitar	<12

2.5.5. Uso de aceites esenciales y de plantas.

En África se informaron de 60 plantas con actividad antihelmíntica (Bizimana, 1994), fueron evaluados mediante una prueba de mortalidad de larvas (Diehl *et al.*, 2004). Estudios *in vitro* han utilizado una adaptación del ensayo de desarrollo de las larvas (LDA) o pruebas de la motilidad de las larvas que se utilizan comúnmente para las pruebas de la resistencia de los parásitos a los antihelmínticos (Alawa *et al.*, 2003). Además de lo anterior, un número de estudios *in vitro* han evaluado el efecto antiparasitario de las plantas sobre los parásitos nematodos adultos. Estos estudios han evaluado la motilidad y la mortalidad de los parásitos después de la incubación en presencia de los productos vegetales (Singh *et al.*, 2004).

En América Latina y el Caribe utilizan las decocciones e infusiones de *Chenopodium ambrosioides* (Epazote), así como su aceite esencial como antihelmíntico y es una planta que se encuentra comúnmente en los hogares como remedio a un gran número de enfermedades, así como ingrediente culinario

(Taylor, 2005). El efecto antihelmíntico de *C. ambrosioides* se ha registrado contra *Ancilostoma duodenale*, *Trichuris trichuria* y *Ascaris lumbricoides* (Franca *et al.*, 1996). El aceite esencial de *C. ambrosioides* ha encontrado un gran uso como antihelmíntico para ganado, sobre todo en países en desarrollo. En pruebas *in vitro*, el aceite redujo la viabilidad de huevos, lo que podría ser útil como parte de una estrategia para reducir la carga parasitaria en los rumiantes a largo plazo (Ketzi *et al.*, 2002).

Estudios demuestran el efecto del extracto etanólico de las hojas de *Azadirachta indica* (nim) sobre larvas de garrapatas *Boophilus microplus*, al igual que con extractos alcohólico y acuoso (Chungsamarnyart *et al.*, 2009). Otras plantas estudiadas para el control de garrapatas son el lapacho (*Tabebuia stans*) sobre larvas; el timbó (*Derris urucu*) y especies de eucalipto (*E. citriodora*, *E. globulus* y *E. staigeriana*) sobre teleoginas (Costa *et al.*, 2002).

El ajo, la cebolla, menta, nueces, eneldo, perejil se han utilizado para tratar a los animales que sufren de parasitismo gastrointestinal, mientras que las semillas de pepino y calabaza se han asociado con la expulsión de tenias del tracto gastrointestinal (Pessoa *et al.*, 2002).

Asimismo la administración oral de papaya (*Carica papaya*) de látex, de Indonesia se ensayó en ovejas infectadas contra parásitos gastrointestinales. Se observó una reducción del 100% en el recuento de huevos fecales y una reducción del 72 y el 88% de los huevos adultos de *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus colubriformis* (Hördegen *et al.*, 2003)

Paolini *et al.*, (2004) con 3 extractos de plantas arbóreas (*Rubis fruticosis*, *Quercus robar* y *Corylis avellana*), demostraron tener un efecto antihelmíntico sobre la larva en estado L3 de *H. contortus* y *Trichostrongylus columbriformis*.

Los taninos demostraron ser una alternativa para el control de las infecciones parasitarias de una forma amigable con el ambiente, reduciendo así el impacto que representan los residuos de los químicos usados en los sistemas productivos

(Butter *et al.*, 2001). Otras plantas con efectos antihelmínticos se presentan en el Cuadro 4.

El desarrollo de un antihelmíntico no convencional, son económicos, tienen un significado para la salud, (Tyrell *et al.* 2007) un impacto en la ganadería orgánica ya que no es fácil encontrar opciones en el mercado para controlar parásitos gastrointestinales (Avalos *et al.*, 2013), en el estado de México los productores de ganadería ovina orgánica usan tequesquite como desparasitante pero no hay una evidencia científica que lo sustente, por tal motivo se estudió el uso del tequesquite en ovinos.

2.5.6. Tequesquite.

El tequesquite se forma cuando en un lago de agua salada, el nivel de su agua baja o retrocede y al evaporarse el agua quedaba como sedimento el tequesquite (Lenz, 1991). También se encuentra el tequesquite como formación natural eflorescente, que sale del suelo por capilaridad. Cabe hacer notar que para los Tenochcas, la sal era un lujo, así que las clases bajas usaban tequesquite en sus guisos (Lenz, 1991; Muñoz, 2000) los productores lo usan como desparasitante.

2.5.6.1 Composición química del tequesquite.

Su composición química se presenta en la Figura 5. Sin embargo no se conoce si contiene minerales, por tal motivo se analizara el % de Ca, K, Mg, Cl, HCO_3 , $\text{SO}_{2,4}$ y P que contiene el tequesquite. El tequesquite se estudió como nueva alternativa no convencional para el control de parásitos mejorando los parámetros productivos en ovinos.

2.6 Interacción nutrición-parásitos.

La nutrición e inmunidad interactúan a través de múltiples vías directas e indirectas, incluidos los efectos directos de la nutrición sobre la inmunidad, también efectos indirectos mediados por la microbiota y patógenos poblaciones del huésped (Ponton *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Plantas con acción antihelmíntica (Junquera, 2014).

Planta	Contiene	Eficacia contra
<i>Allium sativum</i> (ajo común)	Contiene allicina, alinina, alina	Especies del género <i>Ascaris</i> y contra nematodos pulmonares
<i>Artemisia vulgaris</i> (altamisa)	Contiene tuyona (=tujona), bastante tóxica	Algunos nematodos como <i>Bunostomum</i> , <i>Dictyocaulus</i> y <i>Protostrongylus</i>
<i>Dysphania</i> (<i>Chenopodium = Teloxys</i>) <i>ambrosioides = Chenopodium anthelminticum</i> (epazote, paico)	Ascarido	Nematodos gastrointestinales en corderos
<i>Manihot esculenta</i> (mandioca, yuca, guacamota, casava).		Diversos estadios de desarrollo de <i>Haemonchus contortus</i> .
<i>Piliostigma thonningii</i> (pata de camello).	metilchiroinositol	Larvas de <i>Haemonchus contortus</i> .
<i>Prosopis laevigata</i> (mezquite).		<i>Haemonchus contortus</i>
<i>Trachyspermum ammi</i> (ajuwán)		<i>Haemonchus contortus</i> .

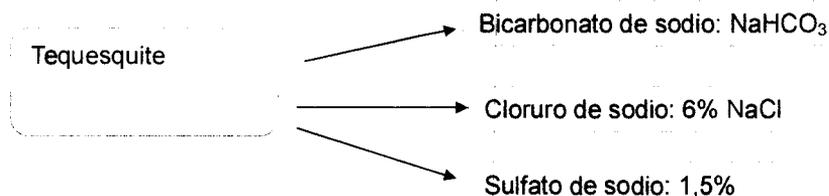


Figura 5. Componentes del tequesquite (Archivos de la Comisión Científica de México, París, 1865).

La interacción entre huésped y nutrición pueden ser consideradas a partir de dos perspectivas interrelacionadas. En primer lugar, los efectos de la nutrición en los trastornos metabólicos es inducida por el parasitismo, en segundo lugar, la influencia de la disponibilidad de nutrientes en la capacidad del huésped para montar una respuesta eficaz contra el parásito establecimiento y/o desarrollo y para inducir el rechazo de parásitos (Aguilar-Caballero *et al.*, 2008; Bautista-Garfias, 2009).

La alimentación en los ovinos principalmente en los de estabulación representa el componente más importante en los costos de producción y es determinante en el comportamiento productivo de los animales en un corral de engorda (Dominguez y Torres 2007). Los parámetros productivos ayudan a saber que tan eficiente es la explotación (Ariza, 2011), es importante llevar los registros de los mismos, pues permiten identificar a tiempo los aciertos, desaciertos y oportunidades de mejora, por lo que son una herramienta básica en la proyección y en la toma de decisiones de una empresa ganadera (Morales *et al.*, 2010). Los parámetros productivos se ven afectados principalmente por las parasitosis ocasionando problemas en el proceso productivo reproducción, de crecimiento y desarrollo (Zambrano *et al.*, 2000).

Un ovino con escasa alimentación (poca energía, proteína y/o diferentes nutrientes) y con presencia de parásitos le ocasiona problemas de asignación del recurso escaso entre su mantenimiento, crecimiento y/o reproducción (Ariza, 2011), ocasionando una baja eficacia de producción, la cual se determina por medio de la digestibilidad del alimento, la conversión alimenticia, el costo de producción y cubrir todos los requerimientos nutricionales del ovino para maximizar la ganancia de peso (Álvarez *et al.*, 2003).

2.6.1. Deficiencias nutricionales

El no cubrir todas las necesidades nutricionales ocasiona deficiencias nutricionales, provocando que los tejidos linfoides muestren una atrofia significativa, el timo es más pequeño, en el bazo y el ganglio linfático hay una

pérdida de células linfoides (Jonesa *et al.*, 2011). La malnutrición ocasiona inmunodeficiencia secundaria o adquirida se desarrollan como consecuencia de estados de malnutrición (Llauradó *et al.*, 2011).

El impacto negativo de la malnutrición proteico-energética en la respuesta inmune ha sido bien documentado en una serie de sistemas de los animales. Por ejemplo las deficiencias de piridoxina, ácido fólico, vitamina A, vitamina C y vitamina E producen problemas para inmunidad mediada por células y la reducción de las respuestas de anticuerpos. La vitamina B-6 y/o minerales deficientes resultan en la estimulación de linfocitos, disminuyendo la respuesta a mitógenos tales como la fitohemaglutinina y el aumento moderado de vitamina A puede potenciar la respuesta inmune (Chandra y Kumari, 1994). Así mismo los minerales son indispensables para los animales.

2.7 Importancia de la nutrición mineral en los ovinos.

Los minerales son esenciales para mantener una buena salud y óptima productividad en el animal; y se dividen en 22 de éstos, siete son macrominerales (calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio y azufre) se expresan en % o g y 15 microminerales o minerales traza (hierro, iodo, zinc, cobre, manganeso, cobalto, molibdeno, selenio, cromo, aluminio, vanadio, flúor, silicio, níquel y arsénico) se expresan en mg kg⁻¹ de la dieta o ppm (Meschy, 2000).

Las funciones de los minerales en los animales son: estructurales (Ca, P y Si en huesos y dientes), catalíticas, reguladoras, regulan la replicación y diferenciación celular y fisiológicas (Na, K, Cl, Ca y Mg en sangre, fluido cerebroespinal y jugos gástricos). La deficiencia de los minerales esenciales en la dieta comprometen el desarrollo, reproducción y salud del animal (Suttle, 2010)

2.7.1. Deficiencias características y toxicidad de algunos minerales en los ovinos.

2.7.1.1. Calcio

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo animal, 98% se encuentra en huesos y dientes. Sus funciones son: permeabilidad de la membrana, contracciones musculares, función nerviosa, regulación cardíaca y actividad enzimática. Requiere de la vitamina D para su absorción activa (Kleinschmidt, 2009).

La deficiencia de Ca provoca raquitismo en animales jóvenes, huesos menos resistentes, lo cual puede provocar fracturas y dientes suaves con desgastes irregulares. En animales en crecimiento con dietas altas en grano pueden presentar golpeteo de rodillas, patas arqueadas o en forma de "Z" (Torres, 2013).

La toxicidad por Ca puede provocar una hipercalemia y una calcificación de tejidos suaves (McDowell, 1989), lo que puede agravarse cuando se utilizan plantas que contienen el metabolito activo de la vitamina D3.

2.7.1.2. Sodio

El sodio es un electrolito indispensable en los fluidos corporales, y usualmente sus funciones se consideran en conjunto con el cloro. Este mineral funciona como transportador de aminoácidos y glucosa, además promueve las contracciones musculares (Kleinschmidt, 2009). El Na es el principal catión del fluido ruminal, éste incrementa la osmolaridad ruminal lo cual influye sobre el consumo y la digestión (Arelovich, 2008). Entre los signos de deficiencia de Na en los animales, se pueden presentar consumo de suelo o pica, reducción del crecimiento y baja de producción de leche (Masters y White, 1996). En cuanto al consumo en exceso de Na, la consecuencia es una restricción del consumo y por ende se reduce el comportamiento de los animales; también existe la posibilidad de desarrollar edemas por la retención de Na y K (NRC, 2005).

2.7.2. Interrelaciones entre minerales

Las interacciones pueden ocurrir entre dos o más elementos, pudiendo modificar su disponibilidad y ser una causa importante de deficiencias o excesos de minerales (Ledoux y Shannon, 2005).

2.7.3.4. Interacción Ca-Zn.

Las concentraciones de Ca en la dieta han demostrado afectar diferencialmente la biodisponibilidad de Zn de origen orgánico e inorgánico (Ledoux y Shannon, 2005). Domínguez y Huerta (2008) encontraron que el exceso de Ca en el forraje reduce la absorción de Zn y su concentración en el suero, mientras que un mayor aporte de Zn en el forraje aumentará su concentración en el suero; sin embargo, las concentraciones elevadas de Ca en la dieta no incrementan los requerimientos de Zn en corderos (Pond y Wallace, 1986).

3. UBICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Biológico.

Por muchos años se han utilizado procedimientos químicos para el control de los parásitos gastrointestinales, y de su uso se han obtenido resultados benéficos (Vázquez *et al.*, 1984); sin embargo, el mayor problema en la terapia es la selección de poblaciones de nematodos resistentes a los antiparasitarios, debido a que los compuestos químicos son la única herramienta que los productores han utilizado para el combate de nematodos gastrointestinales en los pequeños rumiantes, por lo que su uso ha traído como consecuencia una disminución de la eficacia y un avance significativo en el camino de la resistencia parasitaria (Prichard *et al.*, 1998; Nari, 2001).

Este fenómeno es más común de lo esperado, y es el responsable de millonarias pérdidas en la ovinocultura mundial (Borosteede, 1998), ya que es un problema para los laboratorios fabricantes de antiparasitarios y para los ganaderos, quienes tienen que enfrentar el problema (Taylor, 2005), que se agrava más cuando se

emplean indiscriminadamente las distintas familias de antihelmínticos, convirtiendo la resistencia lateral en múltiple (Campos *et al.*, 1997; Prichard *et al.*, 1998). Esto hace necesario buscar otras medidas de control, en este caso el uso de medicina alternativa.

3.2 Salud pública.

René Blandón, Presidente de CONAGAN, alertó que el mal uso de la Ivermectina (IVM) 3.5 en la carne perjudica la salud humana. La ivermectina, causan un daño notable e imperceptible a la salud humana y a la biodiversidad provocando una erosión silenciosa por efectos directos e indirectos sobre los factores edáficos de las plantas. Si la carne o subproductos de animales tratados con ivermectina llegan a ser consumidos por el ser humano, suele constituirse un problema de salud pública (Aparicio *et al.*, 2011).

3.3. Económico.

Uno de los principales problemas que repercute en la producción y productividad de los pequeños rumiantes es causado por nematodos gastrointestinales, los cuales afectan la salud de los animales y ocasionan pérdidas económicas en todo el mundo (Chandrawathani *et al.*, 1999). El parasitismo afecta de manera importante el desarrollo de la ovinocultura debido a que provoca trastornos que interfieren en la nutrición y el desarrollo normal de los animales (López y Vázquez 1995; Cervantes *et al.*, 1997), origina pérdida de peso, anorexia, anemia, retardo en el crecimiento, retraso en la madurez sexual, disminución en la producción de carne y leche, y favorece la susceptibilidad a enfermedades secundarias, provocando pérdidas cuantiosas en la producción (Liébano *et al.*, 1992). A pesar de que los efectos pueden ser muy graves, es difícil conocer con exactitud las pérdidas económicas que causa este problema, ya que muchos de los signos inicialmente son poco aparentes y pasan desapercibidos para el productor (Mendoza, 2000). En muchos de los sistemas de producción ovina el impacto se refleja de manera subclínica, llegando a manifestarse clínicamente cuando los

animales tienen un fuerte parasitismo que los conduce a la debilidad, decaimiento y hasta la muerte, cuando el caso es extremo (Vázquez, 2000).

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

4. PROBLEMÁTICA A RESOLVER

La resistencia a desparasitantes convencionales ocasionando pérdidas económicas, utilizando medicina alternativa.

5. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA ESTUDIADO

La producción ovina es muy importante ya que no abastece lo necesario y existe un déficit enorme, y si a esto se le anexa la resistencia antihelmíntica con las grandes pérdidas económicas que ocasiona es un gran problema tanto económico como social, por ellos es importante estudiarlo.

6. IMPACTO

6.1 Salud pública.

El encontrar una forma alternativa para el control de parásitos en este estudio con el tequesquite es contar con una mejor producción de carne, sin residuos en la leche que es para consumo humano por medio de los quesos, no transmitirán

parásitos por lo que no habrá personas enfermas y ayudar a los productores para aumentar sus ganancias.

6.2 Económico.

Ayudará disminuir la resistencia a los desparasitantes y existirá un ahorro económico por que no habrá pérdidas económicas por tratamientos mano de obra y baja de producción así como gastos en salud pública por enfermedades zoonóticas. Así mismo ayudar a que aumente la producción ovina en México para que no existan importaciones para satisfacer el consumo interno.

6.3 Biológico.

Se tendrá un control del ciclo de los parásitos con opciones no farmacológicas y se obtendrá un compuesto nuevo, más seguro y efectivo que no genere resistencia de parte de las poblaciones de parásitos y además que no produzca preocupación por la presencia de residuos contaminantes en los alimentos para los humanos y el ambiente, a su vez pueda ayudar al comportamiento productivo en ovinos.

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto del tequesquite e ivermectina sobre la carga parasitaria y comportamiento productivo de ovinos en la zona de Amecameca, Estado de México.

7.2. Objetivos particulares.

1. Comparar el efecto desparasitante entre tequesquite e ivermectina.
2. Evaluar el comportamiento productivo de ovinos desparasitados y parasitados.

3. Evaluar el efecto del tequesquite e ivermectina al realizar la técnica de FAMACHA.
4. Comparar las medias del porcentaje de hematocrito y proteínas plasmáticas de los animales.
5. Analizar la composición del tequesquite.

8. HIPÓTESIS.

El tequesquite a una dosis diaria de 5 gramos por litro de agua ofrecida en su bebedero, tiene un efecto antihelmíntico similar o mayor al de ivermectina y mejora el comportamiento productivo en ovinos.

9. METODOLOGÍA.

8.1 Localización.

El ensayo experimental se realizó en la posta zootécnica de la Universidad Autónoma del Estado de México en el Centro Universitario Amecameca, localizada en la zona oriente del Estado de México (Fase de campo), la fase de laboratorio se llevara a cabo en el Laboratorio de Ensayos Metabólicos, Laboratorio de bromatología y de suelos de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, y en el Laboratorio de Parasitología del Centro Universitario UAEM Amecameca.

8.2 Tipo de estudio.

La fase de campo consistió en un estudio experimental comparativo y transversal, para identificar diferencias o semejanzas entre tratamientos y comparar su comportamiento productivo en cada tratamiento.

8.3 Animales e instalaciones.

Se utilizaron 24 borregos machos criollos, con un peso inicial promedio de 22 ± 4 kg, divididos en un grupo testigo y dos tratamientos experimentales con 8 animales cada uno, los cuales fueron alojados en jaulas individuales, bien identificados y todos estuvieron con una dieta basal al 60% rastrojo de maíz, 5% de melaza y 35% concentrado, la cual se administraba una sola vez a las 9:00 horas tomando en cuenta el consumo inicial se les proporciono un 10% más de este consumo, en promedio lo del grupo testigo consumieron 843 g, los de ivermectina 848 g y los de tequesquite 905 g por día y se colocó un tapate sanitario .

8.4 Tratamientos.

Un grupo testigo solo se les administraba la dieta basal y agua sin ningún tratamiento. Sin embargo al término del experimento recibieron un tratamiento antihelmíntico.

Tratamiento 2: Dieta basal más la administración del tequesquite en su bebedero a una dosis de 1 litro de agua con 5 gramos de tequesquite diario durante 28 días.

Tratamiento 3: Dieta basal y agua, más una sola dosis de 0.2 mg/kg por vía subcutánea el día 1 del experimento (Matos *et al.*, 2011).

8.5 Variables evaluadas.

Peso Inicial (PI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CV), consumo de materia seca (CMS), consumo de agua (CA), hematocritos (HCT), hemoglobulina (MCH), proteínas plasmáticas (PP), volumen corpuscular medio (MCV), concentración de parásitos pre y post tratamiento, eficacia (%) de los tratamientos y el porcentaje de Ca, K, Mg, Cl, HCO_3 , $\text{SO}_{2.4}$ y P.

8.6 Evaluación de parámetros productivos.

Se evaluó el comportamiento productivo en respuesta al uso del tequesquite, en comparación con ivermectina.

Para observar el comportamiento de la ganancia diaria de peso, los animales fueron pesados en ayuno los días 0, 1, 7, 8, 14, 15, 21, 22, 28, 29, para la ganancia diaria de peso se restó el peso inicial menos el final y se dividió entre 28 que fue el tiempo que duró el experimento (Meyer, 1962).

El CMS se determinó con la diferencia de alimento ofrecido menos rechazado diariamente (Van Soest *et al.*, 1991). Para la conversión alimenticia se usaron los datos de CMS entre GDP (González-Garduño *et al.*, 2011).

El consumo de agua se determinó restando agua ofrecida menos rechazada diariamente. Para lo cual se realizó una regla por bebederos identificando de litro en litro hasta los 7 litros y después de 200 en 200 ml hasta 13 litros y se marcaba el garrafón, después solo se introducía la regla y en donde quedara marcada era el agua rechazada y de inmediato se llenaba el bebedero hasta la línea marcada.

Se tomaron muestras de sangre de cada animal la cual fue extraída directamente de la vena yugular, empleando tubos vacutainer con anticoagulante EDTA los días 1, 8, 15, 22, 29, los valores del hematocrito (%) fueron determinados por la técnica del microhematocrito por centrifugación (Camus, 1983).

8.7 Evaluación de la carga parasitaria.

En los diferentes tratamientos, del día 0, 1, 8, 15, 22, 29 se tomaron 25 g de muestras de heces de cada animal, se transportaban al laboratorio de parasitología del centro universitario UAEM Amecameca a una temperatura ambiente en un lapso no mayor a 2 horas y se contó el número de huevos por gramos de heces medio de la técnica de Mc Master usando una solución saturada de sacarosa (Shapiro, 2010). Los conteos de huevos fueron expresados como huevos por gramos de heces (HPG). El conteo de HPG, permitió establecer los

niveles de infección por animales examinados (Morales *et al.*, 2010). Por método directo se identificaron microscópicamente los huevos de los parásitos de acuerdo a sus características.

Para realizar la prueba de FAMACHA se realizó la inspección de la mucosa de la conjuntiva ocular los días 7, 14, 21 y 28 para la observación del color de la misma y se estableció inicialmente una escala con los colores: rojo, rojo-rosado, rosado, blanco-rosado y blanco (García *et al.*, 2005).

8.8 Análisis del tequesquite.

Al final del experimento se tomaron 5 muestras de 5 gramos del tequesquite utilizado, el cual fue del lago de Texcoco y se analizaron los porcentajes de Ca, K, Mg, Cl, HCO₃, SO_{2.4} y P que contiene por medio de la NOM-021-RECNAT-2000 la cual es por colorimetría.

8.9 Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño experimental fue completamente al azar con 3 tratamientos y 8 repeticiones cada uno.

El peso inicial se inició como covariable para GDP y para la carga parasitarias se usó su logaritmo natural. Los datos se analizaron con GLM del Statistical Analysis System (Herrera y García, 2010). Para comparar las medias de tratamientos se realizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1992). Se evaluó el porcentaje de eficacia antihelmíntica mediante la fórmula descrita por Power *et al.* (1982).

8.10 Implicaciones éticas.

Una implicación ética en el trabajo es el buen uso de dosis y aplicaciones de la ivermectina y tequesquite, para evitar que el humano consuma alimentos contaminados por antihelmínticos de uso animal (Junquera, 2014). Así mismo se contó con las medidas de bioseguridad para el control de enfermedades

infecciosas, colocando un tapete sanitario para reducir la posibilidad la entrada a enfermedades externas (Partida *et al.*, 2013).

10. RESULTADOS

El tequesquite si tuvo un efecto anthelmintico observándose diferencias significativas ($p=0.03$) en la carga parasitaria de *Cooperia* spp., el tratamiento de ivermectina mostro una eficacia del 100% para este parásito (Cuadro 6). *Eimeria* spp. presenta diferencias significativas ($p=0.01$) en el número de huevos por gramos de heces (Cuadro 5), la administración de tequesquite tiene una eficacia del 86% (Cuadro 6). *Moniezia* spp. presentó diferencias significativas ($p=0.02$) en la carga parasitaria (Cuadro 5), mostrando una eficacia del 100% en el tratamiento de tequesquite (Cuadro 6). En la carga parasitaria total se observan diferencias significativas ($p=0.04$) (Cuadro 5). La ivermectina obtuvo un 68% y el tequesquite 58% de eficacia antihelmintica (Cuadro 6). El uso de tequesquite no mostro diferencias significativas en consumo de agua, materia seca, peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia ($p \leq 0.05$) en comparación con la ivermectina (Cuadro 7).

Se observa a los ovinos que se les administro tequesquite en su agua siendo este una sal, no incrementa ni disminuye significativamente la ingesta de agua. La ivermectina presentó una ganancia diaria de peso de 0.12 kg casi el doble de lo que se ganó en el grupo testigo pero no se detectan las diferencias significativas por un porcentaje alto de coeficiente de variación, así mismo los animales parasitados necesitan consumir el doble de alimento que los animales que se les administro ivermectina, pero no se detectan las diferencias significativas por que el coeficiente de variación fue muy alto (Cuadro 7).

En los resultados de los hematocritos no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Los animales parasitados muestran el porcentaje menor y esto puede ocasionar anemia, anorexia, pérdida de peso, depresión y/o muerte en los ovinos y/o presentara hemoncosis a diferencia de los animales que se les ofreció tequesquite tienen mayor porcentaje de hematocritos (Cuadro 8). En las proteínas

plasmáticas existen diferencias significativas en los tratamientos. El no aplicar ningún desparasitante eleva las proteínas plasmáticas, esta elevación se observa, en estados de defensa contra agentes infecciosos o parasitológicos (Cuadro 8).

En cuanto a la FAMACHA se observa que no hay diferencia significativa, pero se observa el mismo valor en la inicial y en la final a pesar de que al inicio se contaba con un alto porcentaje de carga parasitaria, solo en el de tequesquite se ve que bajo el valor en comparación a la carga inicial en los valores dos no se recomienda desparasitar y en el valor tres es catalogado como punto intermedio la de la decisión de aplicar la droga depende del usuario (Cuadro 9).

En el análisis del tequesquite en cuanto al porcentaje de Ca, K, Mg, Cl, HCO_3 , $\text{SO}_{2.4}$ y P por medio de la NOM-021-RECNAT-2000 la cual es por colorimetría, se observa que contiene principalmente fosforo, seguido por $\text{SO}_{2.4}$, así mismo se observa que las muestras analizadas en el laboratorio de suelos se obtuvo casi la mitad de porcentaje de Ca, esto se puede deber al valor del coeficiente de variación (Cuadro 10).

Cuadro 5. Efecto del ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria.

	Día	Tratamientos			EE	CV%	P
		Testigo	Ivermectina	Tequesquite			
<i>Cooperia</i> spp.	0	0.00	1.44	2.02	0.793	200.680	0.204
	28	2.44 ^a	0.00 ^b	0.58 ^{ab}	0.632	200.160	0.032
<i>Eimeria</i> spp.	0	3.72	6.98	3.85	0.776	78.324	0.168
	28	4.89 ^a	3.51 ^{ab}	0.71 ^b	0.969	104.115	0.019
<i>Haemonchus</i> spp.	0	7.19 ^a	2.31 ^b	5.79 ^{ab}	1.067	69.952	0.012
	28	6.73	3.11	3.81	1.254	82.424	0.121
<i>Moniezia</i> spp.	0	3.14	2.58	4.17	0.963	81.615	0.508
	28	1.99 ^{ab}	3.41 ^a	0.00 ^b	0.808	145.022	0.024
<i>Ostertaria</i> spp.	0	0.86	2.85	2.22	1.036	147.884	0.399
	28	0.00	0.82	0.00	0.473	489.890	0.385
<i>Strongylus</i>	0	2.94	2.02	2.02	1.039	122.406	0.772
	28	0.58	0.00	0.00	0.332	489.890	0.385
Total	0	8.12	7.74	8.38	0.370	12.809	0.491
	28	7.78 ^a	6.81 ^{ab}	4.57 ^b	0.851	41.953	0.041

Porcentaje de coeficiente de variación (CV%), error estándar (EE), huevos por gramos de heces (hph), $p \leq 0.05$ y medias con distinta literal presentan diferencia significativas.

Cuadro 9. Efecto del tequesquite y la ivermectina al realizar la FAMACHA.

FAMACHA	Testigo	Ivermectina	Tequesquite	EE	CV
Inicial	3	2	3	0.4	47.12
Final	3	2	2	0.3	43.23

CV% = % de coeficiente de variación, EE=error estándar $p \leq 0.05$.

Cuadro 6. Porcentaje de eficacia antihelmíntica de ivermectina y tequesquite en ovinos.

	Tratamientos %	
	Ivermectina	Tequesquite
<i>Cooperia</i>	100	83.3
<i>Eimeria</i>	-127.2	86.3
<i>Haemonchus</i>	87.5	52.14
<i>Moniezia</i>	-71.4	100
<i>Strongylus</i>	100	100
<i>Trichuris</i>	100	100
Total	68.7	58.6

Cuadro 7. Efecto de suministrar ivermectina y tequesquite en algunas variables productivas de ovinos.

	Testigo	Ivermectina	Tequesquite	EE	CV %
Consumo de agua (L)	1.62	1.87	1.79	0.16	25.97
Consumo de MS (g)	843	848	905	54.33	18.82
Peso inicial (kg)	21.4	21.8	22.6	1.32	16.41
Peso final (kg)	23.4	25.3	24.2	1.60	18.07
GDP (kg)	0.07	0.12	0.05	0.28	98.26
Conversión	19.9	7.8	13.5	2.59	90.82

CV% = % de coeficiente de variación, EE=error estándar, L=litros, g=gramos, kg=kilogramos y $p \leq 0.05$.

Cuadro 8. Prueba de medias comparativas en hematología de ovinos con tequesquite e ivermectina.

	Testigo	Ivermectina	Tequesquite	EE	CV %
Hematocrito inicial (%)	30.2	35.7	31.8	1.87	17.15
Hematocrito final (%)	32.8	34.0	31.2	0.96	8.73
Proteínas plasmáticas inicial (%)	1.3	7.2	6.9	0.20	8.22
Proteínas plasmáticas final (%)	8.30 ^a	7.40 ^{ab}	7.05 ^b	0.30	12.98

EE=error estándar, CV% = % de coeficiente de variación, %= porcentaje, $p \leq 0.05$ y medias con distinta literal presentan diferencia significativas.

Cuadro 10. Determinación de mineral del tequesquite por medio de la NOM-021-RECNAT-2000.

	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Ca % Lab. Suelos	0.36	0.009	2.39
Ca% Lab. Bromatología	0.54	0.001	0.24
K%	5.78	1.081	18.70
Mg%	1.39	0.043	3.11
Cl%	2.36	0.025	1.04
HCO ₃ %	2.13	0.086	4.04
SO _{2.4} %	4.41	0.136	3.07
P%	0.01	0.002	13.28

Ca %= porcentaje de calcio, Lab.= Laboratorio, K %= porcentaje de potasio, Mg %= porcentaje de Magnesio, Cl% = porcentaje de cloruro, HCO₃ %= porcentaje de bicarbonatos, SO_{2.4} %= porcentaje de sulfatos y P%= porcentaje de fosforo.

11. DISCUSIÓN

En la presente investigación se observa que los principales parásitos encontrados fueron: *Haemonchus*, *Eimerias* y *Moniezia* resultados semejantes al estudio en Tabasco donde se identificaron principalmente *Haemonchus*, *Cooperia* y *Oesophagostomum* (González *et al.*, 2011)

La ivermectina tuvo una eficacia antihelmíntica mayor a la del tequesquite y obtuvo una mayor GDP. Sin embargo el tequesquite elimina a *Moniezia* y reduce el número de huevos de *Eimerias* spp. Ivermectina presenta reportes de resistencia a *Cooperia* spp. (Rodríguez *et al.*, 2010), en el presente estudio, tuvo una eficacia antihelmíntica del 100% contra *Cooperia*, coincidiendo con el estudio de Vermunt *et al.* (1996) con una eficacia del 100% a *Cooperia* usando ivermectina. Sin embargo, el tratamiento control al inicio del experimento no tenía huevos de *Cooperia* spp., al final si hubo presencia de los mismo, esto se puede explicar porque se midieron los huevos por gramos de heces y no a las larvas, las cuales en el interior del hospedero pueden tomar dos rutas: la de completar el ciclo biológico, desarrollándose hasta parásito adulto, y la de permanecer en forma aletargada en la mucosa del compartimiento de su localización (Soca *et al.*, 2005). Las *Eimerias* ocasionan una tasa de más del 20% de mortalidad en los ovinos jóvenes (Vieria *et al.*, 2005), en el presente estudio hay diferencias significativas ($p=0.01$) al administrar tequesquite e ivermectina, sin embargo el tequesquite obtuvo una eficacia antihelmíntica del 86%, esto se puede explicar porque contiene bicarbonato de sodio, el cual al suministrarlo presentan condiciones alcalinas ($\text{pH} \geq 11$) y ocasiona la eliminación de las *Eimerias* (Qi-Nan *et al.*, 2016).

Se observa que ivermectina no actúa contra *Moniezia* spp. esto se debe a que el modo de acción de la ivermectina es producir parálisis y muerte de los parásitos actuando en su neurotransmisor GABA, y *Moniezia* es cestodo, el cual no usa el GABA como neurotransmisor (Davis *et al.*, 1990), pero el tequesquite mostro una eficacia del 100%.

En el presente estudio se observa que el tratamiento del tequesquite disminuyó la media de la carga parasitaria de *Haemonchus* spp. con una eficacia antihelmíntica del 52%, la cual se puede aumentar modificando la dosis administrada y esto ayudaría a la resistencia a *Haemonchus* spp. la cual ha sido reportada en todo el mundo (Cudekova *et al.*, 2010) y una alternativa para el centro de investigación colombiana (Orozco *et al.*, 2009)

El uso del tequesquite al comparar los resultados de eficacia con otros desparasitantes no convencionales se observa que es similar al trabajo de orégano de un 64.9% (Munguía-Xochigua *et al.*, 2013), pero menor al de Hounzangbe *et al.* (Hounzangbe *et al.*, 2005) elaborado con semilla de papaya disuelto en el agua con un 70% de eficacia. Los hongos comestibles contienen minerales (potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, sodio) y ayuda a la eliminación de los parásitos, estimulando al sistema inmune (Costa *et al.*, 2006) y el tequesquite contiene los mismo minerales.

En el tratamiento de ivermectina se obtuvo una eficacia antihelmíntica del 68.7% a diferencia de González-Garduño, (2011) que se observó una pérdida total de eficacia en el estado de Tabasco, sin embargo los valores son similares a los de Suarez y Cristel (2007) en Argentina con un 71,0%, pero menor a la obtenida por Toro *et al.* (2014) en el cual obtuvieron una eficacia antihelmíntica del 77%, Pérez (2009), describe un 91% de eficacia, en México. Estos valores resultan bajos en cuanto a la efectividad (menores a l 95%) lo cual nos indica que favorecen la selección de nematodos gastrointestinales como: inadecuado cálculo de la dosis y algunas veces aplicación de dosis sin considerar la especie, dosificación muy frecuente o uso de una familia de desparasitante por mucho tiempo (Torres, 2001).

Pero Muñoz *et al.* (2008) y Quitral, (2006), tuvieron una eficacia del 100%. Sin embargo un factor negativo al uso de ivermectina es la ecotoxicidad, la colonización natural de las masas fecales, demora la degradación de la materia orgánica y la consecuente incorporación de nutrientes al suelo (Iglesias *et al.*, 2005).

En la presente investigación el grupo sin ningún antihelmíntico obtuvo una alta conversión alimenticia, esto se puede explicar porque los parásitos se alimentan de su huésped (Ponton *et al.*, 2011) ocasionando un aumento al consumo de alimento en los ovinos, sin embargo a pesar de consumir más nutrientes, se depositan menos lípidos y son menos eficientes en la conversión alimenticia (Vermunt *et al.*, 1996). Es importante mencionar que el principal parásito encontrado al final del experimento en el grupo testigo fue *Haemonchus*, Suarez y Cristel, (2007) mencionan que la presencia de *Haemonchus* ocasiona una ganancia diaria de peso menor y una alta conversión alimenticia, situación, que es similar al presente trabajo con GDP de 0.07 kg y conversión alimenticia de 19.9.

Las ganancias diarias de peso, se observan que son muy bajas, en comparación con el fenbendazol vía oral a dosis única (0.20 kg GDP) y fenbendazol mas bloque multinutricional (0.38 kg GDP) (Morales y Pino, 2003), esto se debe a que la dieta diseñada fue para mantenimiento.

La ivermectina tuvo una eficacia mayor a la del tequesquite y obtuvo una mayor GDP, esto es porque animales en buen estado nutricional son más resistentes a los efectos de una elevada carga parasitaria, en comparación de aquellos con deficiencias nutricionales (Morales *et al.*, 2005).

Haemonchus es el parásito con mayor prevalencia en ovinos (Quijada *et al.*, 2006; Rojas *et al.*, 2007; González *et al.*, 2011; Martínez, 2011; Herrera *et al.*, 2013; Ensuncho *et al.*, 2014) y en el presente estudio se encontraron *Haemonchus* y *Eimerias*. *Haemonchus* ocasiona grandes pérdidas de sangre en el abomaso de hasta 253 ml por día (Rowe *et al.*, 1988), teniendo como consecuencia el aumento del volumen plasmático y reducción del valor hematocrito (González *et al.*, 2007). Así mismo las *Eimerias* ocasionan una tasa de más del 20% de mortalidad en los ovinos jóvenes (Vieira, 2002). Por tal motivo se estudió el uso del tequesquite como antihelmíntico y actuó principalmente contra *Haemonchus*, *Eimerias* y *Moniezia*. El grupo testigo a pesar de obtener un porcentaje de reducción mayor, presentó un porcentaje más bajo de hematocrito, el cual se debe a que no se le administró ni un tratamiento y presenta hemoncosis la cual ocasiona la reducción

de hematocritos (Abbott *et al.*, 2000). La administración de tequesquite presentó diferencias significativas aumentando el porcentaje de hematocritos y ayudando a la disminución de las proteínas plasmáticas.

En el efecto del tequesquite, la ivermectina y el grupo testigo de acuerdo a la carga inicial se observó que obtuvieron valores de tres y dos escala de FAMACHA, sin embargo, al comparar los porcentaje de hematocritos, en los tres grupos estuvieron en el nivel cuatro de acuerdo la escala de Bisset *et al.* (2001) y Schoenian (2005) esto se puede deber a la presencia del parásito hematófago.

12. CONCLUSIÓN

El administrar 5 gramos de tequesquite por litro de agua ofrecida a los ovinos tiene una eficacia antihelmíntica menor a la de ivermectina, sin embargo, no hubo diferencias significativas en el comportamiento productivo con ninguno de los dos tratamientos. Sin embargo el uso constante de ivermectina por los productores ha originado una resistencia antihelmíntica para el control de *Haemonchus* spp. y por su mecanismo no actúa contra *Eimerias* y *Moniezia*, pero, el administrar tequesquite ayuda a la eliminación de los mismos. Por otra parte la técnica cualitativa FAMACHA no obtuvo valores similares en comparación a los porcentajes de hematocritos y proteínas plasmáticas.

13. REFERENCIAS

- Abbott, E.; Parkins, J.M.; Holmes, P. H. 2000. Influence Of Dietary Protein On The Pathophysiology Of Ovine haemonchosis in Finn Dorset and Scottish Blackface lambs given a single moderate infection. *Res Vet Sci.* 38:54-60.
- Abbott, E.M.; Parkins, J.J.; Holmes, P. 1986. The effect of dietary protein on the pathogenesis of acute ovine haemonchosis. *Vet Parasitol.* 20:275- 289.
- Abdel-Monaim, M.F.; Abo-Elyousr, K.A.M.; Morsy, K.M. 2011. Effectiveness of plant extracts on suppression of damping-off and wilt diseases of lupine (*Lupinus termis Forsik*). *JCP.* 1:185-191.
- Acedo, C.S.; López-Angulo, A.R.; Malo, E.C.; Cinca, J.Q. 2013. La coccidiosis en el ganado ovino. *JCP.* 11:16-18.
- Aguilar-Caballero, A.J.; Torres-Acosta, J.F.J.; Camara, S.; Hoster, S. 2008. Inmunity aganist gastrointestinal nematode: the goats history. *Trop Subtrop Agroecosyst.* 9:73-82
- Alawa, C.B.I.; Adamu, A.M.; Gefu, J.O.; Ajanusi, O.J.; Abdu, P.A.; Chiezey, N.P.; Alawa, J.N.; Bowman, D.D. 2003. In vitro screening of two Nigerian medicinal plants (*Vernonia amygdalina* and *Annona senegalensis*) for anthelmintic activity. *Vet. Parasitol.* 1:73-81.
- Álvarez, A.R. 2006. Los protozoos. Características generales y su rol como agentes patógenos *RECVET.* 8:62-70.
- Álvarez, M.G.; Melgarejo, V.L.; Castañeda, N.Y. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficacia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Rev. Vet. Mex.* 1:39-46.

- Anderson, R.C. 1992. Orden Strongylida (The Bursate Nematodes). Superfamilia Trichostrongyloidea. C.A.B.1:35-191.
- Anziani, O. 2011. Resistencia de los nematodos gastrointestinales de los bovinos a los antihelmínticos. Rev Vet. 15:67-70.
- Aparicio-Medina J.M.; Paredes-Vanegas V.; González-López O.; Navarro-Reyes O. 2011. Effect of ivermectin on the environment. Rev. Vet. 11: 64 – 66.
- Arboleda, F.J.; Guzman, O.A.; Mejia, L. 2012. Efecto de extractos cetónicos de higuera (*Ricinus Communis Linneo.*) Sobre el nematodo barrenador *radopholus similis*. En condiciones *in vitro*. REDALYC. 1:28-47.
- Arelovich, H.M. 2008. Elementos minerales. Su impacto en la fermentación ruminal. Rev Produc Anim. 1:235-253.
- Argüello, H.; Cordero del Campillo, M.R.; Cordero del Campillo, M.; Rojo Vázquez, McGraw-Hill, F.A. 1999. Coccidiosis. Rev. Parasitol. Vet. Inter. 1:195-212.
- Ariza, D.C. 2011. Análisis productivo y reproductivo de un hato lechero. RECVET 1:6-8.
- Avalos, C.R.; Leyva, J.A.; Navarro, R.; Meza, M.I.; Morales. 2013. Ovinocultura ecológica, alternativa de diversificación productiva: tecnologías y procedimientos. Rev. Latinoam. Recur. Nat. 1:150-154.
- Bautista-Garfias, C.R. 2009. Helmintos parásitos de importancia veterinaria. Rev. Vet. Mex. 40:283-291.
- Bisset, S.; Van Wyk, J.; Bath, G.; Morris, C.; Stenson, M.; Malan, F. 2001. Phenotypic and genetic relationships amongst FAMACHA score faecal egg count and performance data in merino sheep exposed to *Haemonchus contortus* infection in South Africa. International Sheep Diseases Congress. Cape Town South Africa 16:5-4.

- Bisset, S.; Van Wyk, J.; Bath, G.; Morris, C.; Stenson, M.; Malan, F. 2001. Phenotypic and genetic relationships amongst FAMACHA score faecal egg count and performance data in merino sheep exposed to *Haemonchus contortus* infection in South Africa. *Rev. Vet.* 1:27-28
- Bizimana, N. 1994. Traditional veterinary practice in Africa. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Rossdorf, Germany.
- Borosteede, F.H.M. 1998. Gastrointestinal helminthiasis: Anthelmintic resistance and how to prevent and control. *Parasitol. Int.* 47:23-48.
- Botana, L.; Landoni, F.; Jiménez, F. 2002. *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. 1ª Edición, Editorial McGraw-Hill, Interamericana, Madrid-España. 1:564-570.
- Bowman, D.D. 2009. Protozoans. In *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. 9th Ed. Dwight D. Bowman. *Int J Parasitol.* 1:92-99.
- Broughan, J.M y Wall, R. 2007. Faecal soiling and gastrointestinal helminth infection in lambs. *Int J Parasitol.* 11:1255–1268.
- Bruére, A. y West, D. 1993. *The sheep; health, disease and production*. Foundation for continuing education of the New Zealand Veterinary Association, Massey University, Palmerston North.
- Bulman, M. 2012. Pérdidas económicas directas e indirectas por parásitos internos y externos de los animales domésticos en argentina. *Rev. Parasitol.* 3: 76- 176.
- Burke, J. 2005. Management of barber pole worm in sheep and goats in the Souther U.S. Small farms research (en línea). Consultado 28 enero. 2016. Disponible en: http://www.attra.org/downloads/goat_barber_pole.pdf
- Butter, N.; Dawson, J.; Wakelin, D.; Buttery, P. 2001. Effect of dietary condensed tannins on gastrointestinal nematodes. *J Agric Sci* 11:461-465.

- Cairns, J. y Ruthven, J.A. 1972. A test of the cosmopolitan distribution of fresh-water protozoans. *Hygie* 39: 405-427.
- Campos, R.; Herrera, D.; Quiroz H. 1992. Diagnóstico *in vitro* de *Haemonchus contortus* resistente al albendazol, fenbendazol, oxfendazol y febantel en tres rebaños ovinos Tabasco o Polibuey. *Vet. Mex.* 11:51-56.
- Campos, R.; Limón, E.; Sáenz, M. 1997. Efectividad en ovinos del albendazol y oxfendazol administrados solos o combinados contra nemátodos resistentes y susceptibles al tiabendazol. *Vet. Mex.* 9:4-7.
- Camus, E. 1983. Diagnostic de la trypanosomose bovine sur le terrain par la méthode de centrifugation hematocrito. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 11:751-769.
- Cervantes, R.M. A.; Cuéllar O.J.A.; Silva M.R. 1997. Evaluación del periodo de reinfestación por nematodos gastroentéricos en ovinos tratados con closantel, ivermectinas o moxidectina. Memoria IX Congreso Nacional de Producción Ovina. AMTEO. Querétaro, Qro. 150-155.
- Chandra, R.K. y Kumari, S. 1994. Nutrition and immunity: an overview. *J Nutr.* 11:1433S-1435S.
- Chandrawathani, P.; Adnan, M.; Waller, P. J. 1999. Anthelmintic resistance in sheep and goat farms on peninsular Malaysia; *Vet. Parasitol.* 82: 305-310.
- Chungsamarnyart, N.; Jiwajinda, S.; Jansawan, W. 2009. Acaricidal effect of plant crude-extracts on tropical cattle ticks (*Boophilus microplus*). *Nat Sci Suppl.* 1:90-100.
- Coles, C.; Jackson, F.; Pomroy, W.; Prichard, R.; Samson-Himmelstjerna, G. Von; Silvestre, A.; Taylor, M.A.; Vercruyssen, J. 2006. "The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance". *Vet. Parasitol.* 136:167-185.

- Coles, G.C.; Bauer, C.; Borgsteede, F.H.M.; Geerts, S.; Klei, T.R.; Taylor, M.A.; Waller, P.J. 1992. Methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet Parasitol.* 1:35-44.
- Cordero del Campillo, M.; Rojo, F.; Martínez, A. 2000. *Parasitología Veterinaria*. 1ed. Madrid, España. Editorial Mc Graw - Hill Interamericana. 519-546.
- Costa, J. L.M.; Chagas, C.S.; Furlong, J.; Reis, E.S.; Mascaro. 2002. Eficiência *in vitro* de rotenóides extraídos do Timbó (*Derrisurucú*) em teleóginas do carrapato *Boophilus microplus*. En: Anais do XII congresso Brasileiro de Parasitologia Veterinária. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Costa, R.; Cunha, V.; Carvalho R. 2006. The immunomodulator role of β -D-glucans as co-adjuvant for cancer therapy. *Rev Bras Nutr Clin.* 21:163-66.
- Cudekova, P.; Varady, M.; Dolinska, M.; Konigova, A. 2010. Phenotypic and genotypic characterisation of benzimidazole susceptible and resistant isolates of *Haemonchus contortus*. *Vet Parasitol.* 172: 155-159.
- Cuellar, O.J.A. 2003. La resistencia a los antihelmínticos y métodos para reducir su presencia en los sistemas ovinos tropicales. *Rev. Vet.* 11:15-18.
- Dargie, J. y Allonby, E. 1975. Pathophysiology of single and challenge infections of *Haemonchus contortus* in Merino sheep: studies on red cell kinetics and the "self-cure" phenomenon. *Int. J. Parasitol.* 5:147-157.
- Davis, J.; Paylor, R.; McDonald, M.; Libbey, M.; Ligler, A.; Bryant, K.; Crawley J. 1990. Behavioral effects of Ivermectin in mice. *Lab. Anim. Sci.* 40:288-296.
- Deniz, A. 2009. Coccidiose ovina: revisão bibliográfica. In *Albeitar.* 1:4-11.

- Diehl, M.S.; Diehl, K.K.; Atindehou, H.; Tere, B. 2004. Betschart Prospect for anthelmintic plants in the Ivory Coast using ethnobotanical criteria J. Eur. Ceram.11:277–284.
- Domínguez, O.M. y Torres, V.G. 2007. Parámetros productivos y características de canal de corderos suplementados con fuentes de cromo. Tesis. Investigación y servicio en zootecnia universidad autónoma Chapingo. 54-60.
- Domínguez, V.I.A. y Huerta B. 2008. Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el Valle de Toluca, México. Agron J. 42:173-183.
- Ensuncho, H.C.; Castellano, C.A.; Maza, Á. L.; Bustamante, Y.M.; Vergara, G.O. 2014. Prevalencia y grado de infección de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo en pastoreo de cuatro municipios de Córdoba, Colombia. Red Vet. 5:414-420.
- Fiel, C.; Anziani, O.; Suárez, V.; Vásquez, R.; Eddi, C.; Romero, J.; Caracostantógolo, J.; Saumell, C.; Mejía, M.; Costa, J.; Steffan, P. 2001. Resistencia Antihelmíntica en bovinos: Causas, diagnóstico y profilaxis. Red Vet.11:23-27.
- Figueroa, C.; Mendez, M.; Berruecos, V.; Alvarez, L. 2000. Detección de resistencia en *Haemonchus* al sulfóxico de albanedazol inyectado mediante la prueba de campo de reducción de huevos en ganado ovino. Vet Mex. 11:4-5.
- Franca, F.; Lago, E.L.; Marsden, P.D. 1996. Plants used in the treatment of leishmanial ulcers due to *Leishmania (Viannia) braziliensis* in an endemic area of Bahia. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 11:229-232.

- Galindo, A.J.; Torres, J.F.J.; Cámara, R.; Sandoval, C.A.; Aguilar, A.J.; Ojeda, N.F. *et al.* 2011. Persistence of the efficacy of copper oxide wire particles against *Haemonchus contortus* in sheep. *Vet. Parasitol.* 176:201-207.
- García, S.; Mencho, Y.; Guerra, E.; Marín; Vale, Y. 2005. Correspondencia entre el color de la mucosa conjuntival y el eritrograma en vacas mestizas. *RED.VET.* 11:32-37.
- García, S.B.; Hernández, M. D.; Soler, R. F.; Pérez-López M. 2011. Ivermectina en ovino. *AN. VET.* 27:23-32.
- Gaully, M.; Schackert, M.; Erhardt, G. 2004. Use of FAMACHA® Eye colour chart in the context of breeding for parasite resistance in lambs exposed to an artificial *Haemonchus contortus* infection. *Deut Tierarztl Woch.* 1:430-433.
- Glendinning, S.K.; Buckingham, S.D.; Sattelle, D.B.; Wonnacott, S.; Wolstenholme, A.J. 2011. Glutamate- Gated Chloride Channels of *Haemonchus Contortus* restore drug sensitivity to ivermectin resistant *Caenorhabditis elegans*. *Deut Tierarztl Woch.* 7:155-76.
- González, R.; Córdova, C.; Torres, G.; Mendoza, P.; Arece, J. 2011. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Vet. Méx.* 42:125-135.
- González, R.; Torres, G.; Nuncio, M.; Cuellar, J.; Zermefío, M. 2007. Detección de eficiencia antihelmíntica en nematodos de ovinos de pelo con la prueba de reducción de huevos en heces. *Livest. Res. Rural Develop.* 1:22-25.
- González-Garduño, R.; Torres-Hernández, G.; Arece-García, J. 2011. Daily weight gain sheep feeding with Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) supplemented with diverse protein sources. *AIA.* 15:3-20.
- Herrera, J.G.; y García, C. 2010. Bioestadística en Ciencias Veterinarias, Procedimientos de análisis de datos con SAS. Editorial Universidad Complutense de Madrid. 1:520-523.

- Herrera, L.; Ríos, L.; Zapata, R. 2013. Frecuencia de infección por nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de cinco municipios de Antioquia. Rev. MVZ. Córdoba. 1:3851-3860.
- Hidalgo, M. y Cordero M. 1987. Quantity of *Eimeria* spp. oocyst elimination in sheep. Angew. Parasitol. 28:7-14.
- 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 Vet. Parasitol. 13:51–60.
- Hounzangbe-Adote, M.S.; Paolini, V.; Fouraste, I.; Moutairou, K.; Hoste, H. 2005. *In vitro* effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*. Res. Vet. Sci. 78:155–160.
- Huerta, B.M. 2008. Sistema intensivo del engorde de corderos: una experiencia de México. Rev. Tec. y Cienc. Agrop. 11:43-48.
- Hussain, A. 2008. Evaluation of anthelmintic activity of some ethnobotanicals. Thesis Doctor of Philosophy. Parasitology department of parasitology faculty of veterinary science. University of Agriculture. Faisalabad. Pakistan. 39-42.
- Iglesias, L.E.; Saumell, C.A.; Fusé, L.A.; Lifschitz, A.L.; Rodríguez, E.M.; Steffan, P.E.; Fiel, C.A. 2005. Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación de la materia fecal en pasturas. Ría. 3:83-103.
- Jackson, F.; Bartley, D.; Bartley, Y.; Kenyon, F. 2009. Worm control in sheep in the future. Small Rumin. Res. 1:40–45.
- Jackson, F.R. y Coop. 2000. The development of anthelmintic resistance in sheep nematodes. Vet. Parasitol. 1:95-107.

- Jacobson, C.L.; Bell, K.; Besier, R.B. 2009. Nematode parasites and faecal soiling of sheep in lairage: Evidence of widespread potential production losses for the sheep industry. *Anim. Prod. Sci.* 1:326–332.
- Jonesa, L.A.; Houdijka, J.G.M.; Sakkasa, P.; Brucea, A.D.; Mitchella, M.; Knox, D.P.; Kyriazakisa, I. 2011. Dissecting the impact of protein versus energy host nutrition on the expression of immunity to gastrointestinal parasites during lactation. *Int J Parasitol.* 12:711–719.
- Junquera, P. 2014. Plantas medicinales antihelmínticas para el control de gusanos parásitos internos del ganado, perros y gatos. *Rev. Parasitol.* 5:1-3.
- Kaplan, R. 2004. Responding to the emergence of multiple-drug resistant *Haemonchus contortus*: Smart drenching and FAMACHA Proceeding of the Georgia Veterinary Medical Association. Food Animal Conference. Georgia, USA. 2:12-13.
- Ketzis, J.K.; Taylor, A.; Bowman, D.L.; Brown, D.L.; Warnick, L.D.; Erb, H.N. 2002. *Chenopodium ambrosioides* and its essential oil as treatments for *Haemonchus contortus* and mixed adult-nematode infections in goats. *Small Rumin. Res.* 3:193-200.
- Kleinschmidt, J. 2009. Sheep and Goat Management in Alberta: Nutrition. *AGBA.* 3:184-186.
- Lara, D.M. 2013. Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. *Rev Cien Tec Agropec* 4:55-71.
- Ledoux D.R. y Shannon M.C. 2005. Bioavailability and antagonists of trace minerals in ruminant metabolism. *SMVU.* 4:23-37.
- Lenz H. 1991. "México-tenochtitlan, ciudad lacustre según el relato de sus cronistas", Ed. PORRÚA, México. 56-78.

- Liébano; H.E.; Vázquez P.V.; Cid, R.A. 1992. Determinación de larvas infectantes de nematodos gastroentéricos en pasto durante dos periodos del año en un clima tropical húmedo Redalyc. 30:31-36.
- Llauradó, M.; Morris, Q.G.; Albear, H.J.; Jane, M.; Castán, C.; Leniher,; Bermúdez, S.; Catalina R. 2011. Plantas y hongos comestibles en la modulación del sistema inmune. Rev Cubana Invest Biomed. 30:511-527.
- López, P.E. y Vázquez, C.S. 1995. Evaluación de levamisol contra vermes gastroentéricos de ovinos, utilizando dos vías de aplicación: Intramuscular y cutánea; Rev. Ch. 1:107-110.
- Luca, G.M. y Madeira L.C. 2014. Coccidiose em Ruminantes Pequenos agentes e grandes problemas nas diarreias parasitárias. Vete. Med. 3:34-48.
- Maas, J. 2007. Coccidiosis in cattle. In UCD Vet Views California Cattlemen's Magazine. Vet. Med. 4:23-27.
- Martínez, O. 2011. Estudio de prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos del municipio de Oicata-Boyaca. UNAD. 3:23-26.
- Martínez, O.M.C. 2010. Mecanismo de acción de las plantas ricas en taninos sobre la población adulta de nemátodos gastrointestinales de pequeños rumiantes. Tesis en cotutela presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Francia: Université de Toulouse.
- Masters, D.G.; White, C.L. 1996. Detection and Treatment of Mineral Nutrition Problems in Grazing Sheep. Inter. Agri. Research. 3:117-120.
- Matos, V.; Rodríguez D.; Alfonso, P.; Martín, J.; Mengana; Eliarse, P.; Moya, E.; Saidranis; Matos, K. (2011). Eficacia antiparasitaria de ivermectina y closantel contra *Oestrus ovis* en ovinos infestados naturalmente. Animal Scie 33:184-189.

- Mavrogianni, V.S.; Papadopoulos, E.; Fragkou, I.A.; Gougoulis, D.A.; Valasi, I.; Orfanou, D.C.; Ptochos, S.; Gallidis, E.; Fthenakis, G.C. 2011. Administration of a long-acting antiparasitic to pre-pubertal ewe-lambs. *Rev. Vet.* 23:13-15.
- McAllister, M.M. 2006. Protozoosis of the calf: *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Eimeria*, *Sarcocystis*, *Neospora*. In 24th World Buiatrics Congress: Nice, France. 15-19.
- McDowell, L.R. 1989. *Vitamins in Animal Nutrition: Comparative Aspects Nutrition*. Academic Press. 14:483-486.
- McKenna, P. 2006. A comparison of faecal egg count reduction test procedures. *N Z Vet J.* 54:202-203.
- Mendoza, D. P. 2000. Diagnóstico de las parasitosis gastrointestinales en pequeños rumiantes. En. 1er. Curso Internacional "Nuevas perspectivas en el diagnóstico y control de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes". Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1:13-16.
- Meschy, F. 2000. Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. *Livest Sci.* 5:9-14.
- Meyer, J.H. 1962. Removing sources of error in lamb feeding experiments. *J. Anima. Sci.* 21:127-131.
- Milleman, Y. 2009. Neonatal calf diarrhoea: clinical diagnosis and sampling. In *Proceedings of the Conference Neonatal Health in calves - Comprehensive solutions for complex enteric disorders*: Barcelona. 8-9.
- Miller, J. y Waller, P. 2004. Novel approaches to control of parasites a workshop. *Vet. Parasitol.* 23:59-68.

- Montalvo, X.; López, M.; Vásquez, V.; Liéban, E.; Mendoza, P. 2006. Resistencia antihelmíntica de nematodos gastroentéricos en ovinos a fenbendazol e ivermectina en la región noroeste del estado de Tlaxcala. *Téc. Pecu. Méx.* 13:81-90.
- Morales G. y Pino L. A. 2009. Nematodos parásitos de los rumiantes domésticos en Venezuela: diagnóstico y control. *Aliani.* 13:143-146.
- Morales, G. y Pino, L. 2003. Carga parasitaria de nematodos gastrointestinales y la riqueza específica en ovinos naturalmente infectados. *Vet. Argen.* 20:100-108.
- Morales, G.; Guillen, A.T.; Pinho, A.; Pino, I.; Barrios, F. 2010. Clasificación por el método Famacha y su relación con el valor de hematocrito y recuento de h.p.g. de ovinos criados en condiciones de pastoreo. *Rev. Zootec. Trop.* 28:545-555.
- Morales, G.; Pino, A.; Sandoval, E.; Jimenez, D. 2005. Tópicos de helmintología en rumiantes. Edit. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Yaracuy. *Rev. Vet.* 1:100-102.
- Morales, G.; Pino, L.A.; Sandoval, E.; Florio, J.; Jiménez, D. 2006. Niveles de infestación parasitaria y condición corporal en bovinos doble propósito infestados en condiciones naturales. *Red. Vet.* 23:04-06.
- Morales, T.G. 2010. Estrategias de manejo del anestro posparto en ovejas Pelibuey. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México, 104-106.
- Moredun. 2012. Understanding The Life Cycle of Ruminant Parasites. *Rev. Vet.* 12:23-26.
- Munguía-Xóchihua, J.A.; Valenzuela-Medrano, W.; Leyva-Corona, J.C.; Morales-Pablos, M.I.; Figueroa-Castillo, J.A. 2013. Potencial del orégano como

- alternativa natural para controlar *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo. Rev Lat Ame Rec Nat 9:150-154.
- Muñoz, J.; Angulo, F.; Ramírez, R.; Vale, O.; Chacin, E.; Simoes, D.; Atencio, A. 2008. Eficacia Antihelmíntica De Doramectina 1%, Ivermectina 1% Y Ricobendazol 15% frente a nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo. Rev. Científic. 14:12-16.
- Muñoz, Z. R. 2000. "Diccionario Enciclopédico de Gastronomía Mexicana", Ed. clío y fundación Herdez. 12:23-25.
- Naeini, A.; Ziglari, T.; Shokri, H.; Khosravi, A. R. 2010. Assessment of growth-inhibiting effect of some plant essential oils on different Fusariumz isolates. Med Microbiol. 20:174–178.
- Nari, A. 2001. Diagnóstico y control de resistencia antihelmíntica en pequeños rumiantes. Memorias. II. Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida, Yúc.
- Nery, P.S.; Nogueira, F.A.; Martins, E.R.; Duarte, E.R. 2010. Effects of *Anacardiumhumile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. Vet. Parasitol. 171:361–364.
- Nielsen, B. 2007. Control of Coccidiosis in Calves. Rev. Vet. 20:72-77.
- NRC (National Research Council). 2005. Mineral Tolerance of Animals. 2nd Edition. The National Academies Press. Washington, DC. USA. 24:511-520.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academic Press. Washington, DC. USA. 25:345:47.
- OCDE/FAO. 2013. Perspectivas Agrícolas 2013-2022. Rev. Ch. 23:36-40.

- O'connor, L.J.; Kahn, L.P.; Walkden O.; Kahn, L.P.; Walkden , L.P.; Walkden, L.P.; Walkden-Brown, S.W. 2007. Moisture requirements for the free-living development of *Haemonchus contortus*: quantitative and temporal effects under conditions of low evaporation. *Vet. Parasitol.* 150:128-38.
- Ordaz, J. 2011. La coccidiosis ovina, una enfermedad que limita la producción y es causa de mortandad de corderos. *Vet Parasitol.* 11:32-37.
- Orozco, M.; Álvarez, V.; Jiménez, A.; Acuña, Ó. 2009. *In vitro* assessment of nematophagus fungi for biological control of gastrointestinal nematodes of ruminants. *Rev MVZ.* 14:1820-1830.
- Ortiz, P.R. 1991. El abasto de la sal para la minería: las salinas de Tepopoxtla, 1849-1900. *Historia Mex.* 41:111-133.
- Paolini, Y.; Fouaste, I.; Haste, H. 2004. *In vitro* effects of three woody plant and sainfoin extracts on two parasitic stages of three parasitic nematode species. *Parasitol.* 14:69-77.
- Paredes, P. 2010. Coccidiose em Pequenos Ruminantes. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Univ. de Lisboa. 3:10-15.
- Pariacote, F. 2006. Estado y perspectiva de desarrollo del caprino en Venezuela. Memorias V Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Ovinos y Caprinos. Universidad Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.
- Partida de la P., J.A.; Braña, V.D.; Jiménez, S.H.; Ríos, R.F.; Buendía, R.G. 2013. Producción de carne ovina. *CENID.* 6:3-7.
- Pérez, L. E.; García, A.M.; Albores, M.S.; Sosa, R.R.; Leon, V.H. 2011. Productive parameter of coatsheep in an intensive feeding system of central región of Chiapas. *Rev. Ceintific. Chiapas.* 32:7-13.
- Pérez, R.A. 2009. Evaluación de eficacia de ivermectina asociada con vitaminas A, D3, E (INVECTINA ADE) en el tratamiento de parásitos gastrointestinales y

la ganancia de peso en corderos naturalmente infectados. Memoria de Titulo, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Pessoa, L.M.; Morais, S.M.; Bevilaqua, C.M.L.; Luciano, J.H.S. 2002. Anthelmintic activity of essential oil of *Ocimum gratissimum* Linn and eugenol against *Haemonchus contortus* Vet. Parasitol. 23:59–63.

Ponton, F.; Lalubin, F.; Fromont, C.; Wilson, K.; Behm, C.; Simpson, S.J. 2011. Hosts 791 use altered macronutrient intake to circumvent parasite induced reduction in 792 fecundity. Int J Parasitol. 32:43–50.

Ponton, F.; Wilson, K.; Holmes, A.J.; Cotter, S.C.; Raubenheimer, D.; Simpson, S.J. 2012. Integrating nutrition and immunology: A new frontier. J. Insect Physiol. 21:30-137.

Power, K.G.; Wood, L.B.; Eckert, J.; Gibson, T.; Smith, H.J. 1982. World associations for advancement of veterinary parasitology (W.A.A.V.P.) Guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in animals. Vet. Parasitol. 10:265-284.

Prichard, R.; Blackhall, W.; Liu, H.Y.; Sharma, S.R.; Beech, R.N. 1998. Alterations in genetic variability of *Haemonchus contortus* (Nematoda) genes following selection with anthelmintics; Parasitol. Inter. 47:105-131.

PROGAN 2010. Programa Nacional Ganadero. SAGARPA. El

<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx>
Consultado en enero del 2016.

Qadir, S.; Dixit, A.; Pooja, D. 2010. Use of medicinal plants to control *Haemonchus contortus* infection in small ruminants. Vet. World. 10:515-518.

- Qi-Nan, L.; Feng, J.; Li, J.; Zhan, X.; Hu, Z. 2016. Decomposition and mineralization of sulfaquinoxaline sodium during UV/H₂O₂ oxidation processes. *Rev. Elsevier*. 284:494–502.
- Quijada, J.; García, F.; Vivas, I.; Simoes, D.; Rondón, Z. 2006. Prevalencia de infecciones por strongilidos digestivos en un rebaño ovino del estado de Aragua en la época de lluvia. *Rev. Científ.* 25:341-346.
- Quiroz R.H. 2005. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos, México, Limusa. 1:876-890.
- Quiroz, R.H. 2011. Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos. *Rev. Vet.* 36:26-30.
- Quitral, B. 2006. Comparación de la eficacia antihelmíntica entre ivermectina y doramectina contra parasitismo gastrointestinal en ovinos. Memoria de Título, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Radostits, O.M.; Gay, C.C.; Hinchcliff, K.W.; Constable, P.D. 2006. Diseases associated with protozoa. In *Veterinary Medicine – A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*. 10th Ed. Saunders Elsevier. 1498-1506.
- Rahman, K.S.M. 2002. 'Towards efficient crude oil degradation by a mixed bacterial consortium. *BIORES TECH.* 85:257-261.
- Reyes, A.; Cuellar, O.; Silva M. 2008. Detección de nematodos gastrointestinales con resistencia múltiple a antihelmínticos en ovinos de México. Mem. XXI Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias.
- Roberts, J.L. y Swan, R.A. 1982. Quantitative studies of ovine haemonchosis. Relationship between total worm counts of *Haemonchus contortus*, haemoglobin values and bodyweight. *Vet. Parasitol* 9:201-209.

- Rodríguez, R.I.; Arieta, R.J.; Pérez, L.C.; Rosado, J.A.; Ramírez, G.T.; Basto, G. 2010. Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado bovino. Arch Med Vet. 42:115-123.
- Rodríguez, V.R.; Torres, A.J.; Ramírez, C.G.; Rosado, A.J.; Aguilar, C.A.; Ojeda, C.M.; Bollo, G.M. 2011. Control de parásitos internos y externos que afectan al ganado en Yucatán Rev. Vet. 5:1-43.
- Rojas, S.; Gutiérrez, I.; Olivares, J.; Valencia, M. 2007. Prevalencia de nematodos gastrointestinales en ovinos en pastoreo en la parte alta del MPIO. De Cuetzala del Progreso, Guerrero-México. Rev. Vet. 32:9-11.
- Romero, J.R. y Boero, C.A. 2001. Epidemiología de la gastroenteritis verminosa de los ovinos en las regiones templadas y cálidas de la argentina analecta veterinaria. Rev. Vet. 23:21-37.
- Rommel, M.; Eckert, J.; Kutzer, E.; Körting, W.; Schnieder, T. 2000. Veterinärmedizinische Parasitologie. Begründet von Josef Boch und Rudolf Supperer. Vet. Parasitol. 5:34-36.
- Rowe, A.; Mc Master, K.; Emery, D.; Sangster, N. 2008. *Haemonchus contortus* infection in sheep: Parasite fecundity correlates with worm size and host lymphocyte counts. Vet Parasitol. 163:285-293.
- SAGARPA. 2012. Crece ovinocultura en México; busca incursionar en nuevos mercados. Comunicado de prensa de la Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. 73-76.
- Samson-Himmelstjerna, G. 2006. Molecular diagnosis of anthelmintic resistance. Vet. Parasitol. 23:99-107.
- Saumell, C.A.; Echeverria, F.; Gonçalves, I.; Iglesias, L.; Rodríguez, E.; Padilla, T. 2001. Absence of environmental impact of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*. Vet. Parasitol. 26:128-130.

- Schoenian, S. 2005. Internal Parasite Control (IPM). Maryland Cooperative Extension. University of Maryland. USA. (en línea) Consultado 22 jun. del 2015. Disponible en: <http://www.sheep101.info/parasite.html>
- Shapiro, L.S. 2010. Important Techniques for Veterinary Technicians. Appendix I. In: Shapiro, L.S. Pathology & Parasitology for Veterinary Technicians. 2nd Ed. Delmar: Cengage Learning. 223-241.
- SIAP-SAGARPA. 2013. www.siap.sagarpa.gob.mx. Consultado el 10 de noviembre del 2015
- SIAP-SAGARPA. 2015. www.siap.sagarpa.gob.mx. Consultado el 10 de noviembre del 2015
- Siméon R. 2007 "Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana", Ed. Siglo XXI. 19:6-7.
- Singh, M.P.; Mahesh, K.; Ahmad, A.H. 2004. Efficacy of some ethnomedicinal plants against *Haemonchus contortus* Indian J. Vet. Med. 23:1-4.
- Soca, Mildrey; Roque, E.; Soca, Maylin. 2005. Epizootiología de los nemátodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes Pastos y Forrajes. Rev. Parasitol. 3:175-185.
- Soto, C.L.; Delgado, M.; Cuellar, A. 2007. Situación de la ovinocultura en México. Vet. Mex. 23:34-36.
- Soulsby, E.J.L. 1997. Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos. (7ª ed.). Nueva Editorial Iberoamericana México. 523-527.
- Spithill, T.W.; Smooker P.M.; Copeman D.M. 1999. Fasciola gigantica: Epidemiology, control, immunology and molecular biology. CABI. 3:465-525.
- Steel, R.G. y Torrie, J.H. 1992. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2nd ed. Graf América. México, D.F. 325-334.

- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. 2nd ed. New York, USA: Mcgraw-Hill. 534-540.
- Strickland, J.E. 1992. Internal Parasite Control in Cattle. UGA. 34:10-14.
- Suarez, V.H. y Cristel, S.L. 2007. Anthelmintic resistance in cattle nematode in the western Pampeana Region of Argentina. Vet Parasitol. 32:11-117.
- Sumano, H. y Ocampo, L. 1997. Farmacología Veterinaria 2 ed. México, Mc Graw Hill Interamericana. 680-687.
- Suttle, N.F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition. CABI Publishing, UK. 595-598.
- Taylor, L. 2005. The healing power of Rainforest herbs. REDVET. 32:535-540.
- Toaleb, N.I.; Faragalla, M.E.; Soad, E.H. 2011. Diagnosis of Eimeriosis in Cattle by ELISA Using Partially Purified Antigen. In World Appl Sci J. 1:33-38.
- Toro, A.; Rubilar, L.; Palma, C.; Pérez, R. 2014. Anthelmintic resistance of gastrointestinal nematode in sheep treated with ivermectin and fenbendazole. Arch. med. vet. 46:2-4.
- Torres, A.; U. Dzul C.; A. Aguilar, y R. Rodríguez. 2003. "Prevalence of benzimidazole resistant nematodes in sheep flocks in Yucatan, Mexico". Vet. Parasitol. 114:33-42.
- Torres, I.M.E. 2013. Diagnóstico mineral de unidades de producción ovina en Tepatitlán, Jalisco. Rev. Ch. 5:45-48.
- Torres, V. P.; Prada, S.G.A.; Márquez, L. D. 2007. Resistencia antihelmíntica en los nemátodos gastrointestinales del bovino Rev. Med. Vet. 25:59-76.
- Torres-Acosta, J.; Villarroel-Álvarez, M.; Rodríguez-Arévalo, F.; Gutiérrez-Segura, I.; Alonso-Díaz, M. 2003. Diagnóstico de nematodos gastrointestinales

- resistentes a bencimidazoles e imidazotiazoles en un rebaño caprino de Yucatán, México. *Rev Biomed* 14:75-81.
- Tyrell, K.; Williams, S.; Mobley, R.; Ezenwa, I.; Peterson, E. 2007. The use of tanniferous plants to control infestations of *Haemonchus contortus* parasites in meat goats. *Rev Vet.* 12:13-15.
- Urquhart, G.M.; Armour, J.; Duncan, J.L.; Dunn, A.M.; Jennings, F.; Urquhart, G.M.; Armour, J.; Duncan, J.L.; Dunn, A.M.; Jennings, F.W. 2001. *Vet Parasitol.* 5:65-78.
- Valenzuela, G.; Quintana, I.; González, E. 1988. Epidemiología de coccidias (Protozoa: *Eimeridae*) en ovinos en sistemas de silvopastoreo. *Arch. Med. Vet.* 20:51-56.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science.* 74:3583-3597.
- Vargas, R.C. 2006. FAMACHA control de *Haemonchosis* en caprinos. *Agron J* 23:79-88.
- Vázquez, P.V.; Rodríguez, J.M.A.; Méndez, B.; Escutia, S.I. 1984. Efectividad de cuatro antihelmínticos comerciales contra nematodos gastroentéricos de ovinos Pelibuey. *REDVET.* 46:25-29.
- Vázquez, Prats; Flores, C.J.; Santiago, V.C.; Herrera, R.D.; Palacios, F.A.; Liebano, H.E. 2004. Frecuencia de nematodos gastroentericos en bovinos de tres áreas de clima subtropical húmedo de México. *REDVET* 42:237-245.
- Vermunt J.; West, D.; Pomroy, W. 1996. Inefficacy of moxidectin and doramectin against ivermectin-resistant *Cooperia* spp. of cattle in New Zealand. *NZ Vet J.* 44:188–193.

Vieira, L.S.; Lobo, R.N.B.; Barros, N.N.; Portela, C.H.P.; Simplicio, A.A. 2005. Monensina sódica no controle da eimeriose em caprinos leiteiros. *Cienc.Anim* 15: 25-31.

Williams, J. 1997. Anthelmintic treatment strategies: current status and future. *Vet Parasitol.* 45:461-477.

Zajac, A. M. 2006. Gastrointestinal nematodes of small ruminants: life cycle, anthelmintics, and diagnosis. *Vet. Clin. North. Am. Food. Anim.* 22: 529-541.

Zambrano C.; Urriola L.; Borjas D.; Martínez D. 2000. Evaluación del crecimiento de borregos West African, utilizando Bloques Multinutricionales con diferentes dosis de antihelmíntico. En: 2do. Curso Intensivo de Ovinos.

Comparación de ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria y comportamiento productivo de ovinos.

Comparison of ivermectin and tequesquite on the parasite load and lambs performance.

Ivermectin and tequesquite

Aguilar-Rueda L,¹ MVZ, Martínez G. J.² Ph.D*, Romero N. C.³ Ph.D,
Mendoza M. G.² Ph.D.

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960. ²Laboratorio de ensayos metabólicos, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960. ³ Universidad Autónoma del Estado de México, Carretera Amecameca Ayapango KM 2.5, 56900 Amecameca de Juárez, Méx. *Correspondencia jamgar@correo.xoc.uam.mx

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria y comportamiento productivo en ovinos. **Materiales y método.** Se utilizaron 24 ovinos con un peso de 22±4 kg, divididos en 3 tratamientos con 8 repeticiones, un testigo, uno con ivermectina (dosis 0.2 mg/kg PV.) y uno con tequesquite (diario 5 g de tequesquite por litro de agua). Se recolectaron muestras fecales por animal, para la técnica de Mc Master y se comparó la eficacia antihelmíntica. Los ovinos se pesaron cada 8 días para obtener ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, se midió consumo de alimento y agua. Los resultados, se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con GLM del SAS, y se compararon las medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). **Resultados.** Se observan diferencias significativas en la

carga parasitaria de *Cooperia* spp. ($p=0.03$), *Eimeria* spp. ($p= 0.01$) y *Moniezia* spp. ($p=0.02$), el tratamiento de ivermectina mostró una eficacia antihelmíntica en *Cooperia* spp. del 100% y el tequesquite un 100% en *Moniezia* y 86% en *Eimerias*. En la carga parasitaria total se observan diferencias significativas ($p=0.04$), con una eficacia antihelmíntica para ivermectina del 68% y para tequesquite 58%. Para ganancia, consumo y conversión alimenticia no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$) Conclusión. La ivermectina tuvo una eficacia mayor a la del tequesquite y obtuvo una mayor GDP. Sin embargo el tequesquite elimina a *Moniezia* y reduce el número de huevos de *Eimerias* spp. El aplicar ivermectina o tequesquite mejoran la conversión alimenticia.

Palabras clave:

Parásitos, ovinos, ivermectina, tequesquite, GDP, conversión alimenticia.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of ivermectin and tequesquite on the parasite load and production performance in sheep. Materials and method. 24 sheep were used with a weight of 22 ± 4 kg, divided into 3 treatments with 8 repetitions, a witness, one with ivermectin (dose 0.2 mg / kg BW.) And one tequesquite (daily 5 g of tequesquite per liter of water). Fecal samples per animal, for technical McMaster were collected and anthelmintic efficacy was compared. The sheep were weighed every 8 days to get daily gain and feed conversion, feed intake and water was measured. The results were analyzed according to a completely randomized design with GLM of SAS, and the means were compared with Tukey test ($p \leq 0.05$). Results. Significant differences were observed in the parasite load of *Cooperia* spp. ($P = 0.03$), *Eimeria* spp.

($P = 0.01$) and *Moniezia* spp. ($P = 0.02$), ivermectin treatment showed an anthelmintic efficacy *Cooperia* spp. 100% and 100% in tequesquite *Moniezia* and 86% in *Eimeria*. The parasite load in all significant differences ($p = 0.04$) was observed, with ivermectin anthelmintic efficacy of 68% and 58% tequesquite. To gain, consumption and feed conversion no significant difference ($P > 0.05$) Conclusion found. Ivermectin was greater than the tequesquite efficiency and greater GDP obtained. However tequesquite *Moniezia* eliminates and reduces the number of eggs *Eimeria* spp. The ivermectin tequesquite apply and improve feed conversion.

Key words

anthelmintic efficacy, parasites, sheep, production parameters, anthelmintic resistance.

INTRODUCCIÓN

Las parasitosis continúan siendo una limitante en los sistemas de producción ovina, su control es una herramienta prioritaria para mejorar los niveles productivos (1), se ha usado un moderno y extenso arsenal terapéutico para combatirlos (2), sin embargo, su uso a menudo es de manera indiscriminada y sin ningún conocimiento epidemiológico (3). La infestación por parásitos gastrointestinales ha generado problemas de salud animal a nivel mundial, ocasionado trastornos digestivos, reducción de ganancia de peso, mayor conversión alimenticia, detrimento en la calidad de la respuesta inmune y pérdidas económicas (4). Las herramientas de control antihelmíntico utilizadas han sido insuficientes (5), por ejemplo la ivermectina presenta reportes de resistencia a los nematodos gastrointestinales en numerosos países (6), por lo que es importante buscar diferentes alternativas para el control

de nematodos gastrointestinales (7). En la ovinocultura orgánica incluyen tequesquite en los bebederos como tratamiento único para los parásitos, pero no hay una evaluación científica de este procedimiento. El tequesquite es una roca alcalina compuesta de varios minerales, principalmente de bicarbonato de sodio y cloruro de sodio, (8,9). Por lo antes mencionado el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria y comportamiento productivo en ovinos en Amecameca Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODO

La presente investigación se realizó en la posta zootécnica del Centro Universitario Amecameca. El diseño experimental fue completamente al azar, se usaron 24 ovinos machos con un peso inicial de 22 ± 4 kg con infección natural a nematodos gastrointestinales, alojados en jaulas individuales, divididos en 3 tratamientos con 8 repeticiones, un tratamiento testigo (sin antihelmíntico), un tratamiento con ivermectina (una sola dosis de 0.2 mg/kg PV por vía subcutánea) el día 1 del experimento (10), y un tratamiento con tequesquite (dosis diaria de 5 g de tequesquite por litro de agua ofrecida), todos con una dieta basal conformada al 60% rastrojo de maíz, 5% de melaza y 35% concentrado, la cual se administró a las 9:00 am, se les ofreció un 10% más de su consumo, el experimento tuvo una duración de 28 días.

Carga parasitaria. De cada animal se recolectaron 25 g de muestra fecal, directamente del recto, del día 1 al 28 con intervalos de 7 días. A cada muestra se le realizó un examen coproparasitoscópico para determinar el número de huevos de parásitos mediante la técnica de Mc Master. **Comportamiento productivo.** Los ovinos se pesaron del día 1 al 28 con intervalos de 8 días, se midieron las variables: ganancia diaria de peso y conversión alimenticia (11). El consumo de alimento y agua

se obtuvieron pesando y midiendo diario lo ofrecido y rechazado.

Análisis estadístico. El peso inicial se inicio como covariable para GDP y para la carga parasitarias se uso su logaritmo natural. Los datos se analizaron con GLM del Statistical Analysis System (12). Para comparar las medias de tratamientos se realizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) (13). Se evaluó el porcentaje de eficacia antihelmíntica mediante la fórmula descrita por Power *et al.* (14).

RESULTADOS

En la tabla 1 se observa diferencias significativas ($p=0.03$) en la carga parasitaria de *Cooperia* spp., el tratamiento de ivermectina mostro una eficacia del 100% para este parásito (Tabla 2). *Eimeria* spp. presenta diferencias significativas ($p=0.01$) en el número de huevos por gramos de heces (Tabla 1), la administración de tequesquite tiene una eficacia del 86% (Tabla 2). *Moniezia* spp. presento diferencias significativas ($p=0.02$) en la carga parasitaria (Tabla 1), mostrando una eficacia del 100% en el tratamiento de tequesquite (Tabla 2). En la carga parasitaria total se observan diferencias significativas ($p=0.04$) (Tabla 1). La ivermectina obtuvo un 68% y el tequesquite 58% de eficacia antihelmíntica.

El consumo de alimento, peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia no mostraron diferencias significativas (Tabla 3). El tratamiento con ivermectina presentó una ganancia diaria de peso de 0.12 kg, mayor al grupo testigo, los animales parasitados obtuvieron una conversión alimenticia de 19.9, el doble de los animales con ivermectina (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Ivermectina presenta reportes de resistencia a *Cooperia* spp. (6), en el presente estudio tuvo una eficacia antihelmíntica del 100% contra *Cooperia*, coincidiendo con el estudio de Vermunt *et al.* (15) con una eficacia del 100% a *Cooperia* usando ivermectina. Sin embargo, el tratamiento control al inicio del experimento no tenía huevos de *Cooperia* spp., al final si hubo presencia de los mismo, esto se puede explicar porque se midieron los huevos por gramos de heces y no a las larvas, las cuales en el interior del hospedero pueden tomar dos rutas: la de completar el ciclo biológico, desarrollándose hasta parásito adulto, y la de permanecer en forma aletargada en la mucosa del compartimiento de su localización (16).

Las *Eimerias* ocasionan una tasa de más del 20% de mortalidad en los ovinos jóvenes (17), en el presente estudio hay diferencias significativas ($p=0.01$) al administrar tequesquite e ivermectina, sin embargo el tequesquite obtuvo una eficacia antihelmíntica del 86%, esto se puede explicar porque contiene bicarbonato de sodio, el cual al suministrarlo presentan condiciones alcalinas ($pH \geq 11$) y ocasiona la eliminación de las *Eimerias* (18).

Se observa que ivermectina no actúa contra *Moniezia* spp. esto se debe a que el modo de acción de la ivermectina es producir parálisis y muerte de los parásitos actuando en su neurotrasmisor GABA, y *Moniezia* es cestodo, el cual no usa el GABA como neurotransmisor (19), pero el tequesquite mostro una eficacia del 100%.

La resistencia a *Haemonchus* spp. ha sido reportada en todo el mundo (20) y es la principal enfermedad parasitarias de los ovinos (7), sin embargo centros de investigación colombianos están estudiando nuevos

métodos alternativos, tales como hongos nematófagos y hierbas medicinales (21), en el presente estudio se observa que el tratamiento del tequesquite disminuyó la media de la carga parasitaria de *Haemonchus* spp. con una eficacia antihelmíntica del 52%.

El uso del tequesquite al comparar los resultados de eficacia con otros desparasitantes no convencionales se observa que es similar al trabajo de orégano de un 64.9% (22), pero menor al de Hounzangbe *et al.* (23) elaborado con semilla de papaya disuelto en el agua con un 70% de eficacia.

En el tratamiento de ivermectina se obtuvo una eficacia antihelmíntica del 68.7% a diferencia de González-Garduño, (11) que se observó una pérdida total de eficacia en el estado de Tabasco, sin embargo los valores son similares a los de Suarez y Cristel (24) en Argentina con un 71,0%, pero menor a la obtenida por Toro *et al.* (25) en el cual obtuvieron una eficacia antihelmíntica del 77%, Pérez (26), describe un 91% de eficacia, en México. Pero Muñoz *et al.* (27) y Quitral, (28), tuvieron una eficacia del 100%. Sin embargo, un factor negativo al uso de ivermectina es la ecotoxicidad, la colonización natural de las masas fecales, demora la degradación de la materia orgánica y la consecuente incorporación de nutrientes al suelo (5).

Las ganancias diarias de peso, se observan que son muy bajas, en comparación con el fenbendazol vía oral a dosis única (0.20 kg GDP) y fenbendazol mas bloque multinutricional (0.38 kg GDP) (29), esto se debe a que la dieta diseñada fue para mantenimiento.

La ivermectina tuvo una eficacia mayor a la del tequesquite y obtuvo una mayor GDP, esto es porque animales en buen estado nutricional son

más resistentes a los efectos de una elevada carga parasitaria, en comparación de aquellos con deficiencias nutricionales (30).

La ivermectina tuvo una eficacia mayor a la del tequesquite y obtuvo una mayor GDP. Sin embargo el tequesquite elimina a *Moniezia* y reduce el número de huevos de *Eimerias* spp. El aplicar ivermectina o tequesquite ayudan la conversión alimenticia.

REFERENCIAS

- 1.- Bulman M. 2012. Pérdidas económicas directas e indirectas por parásitos internos y externos de los animales domésticos en argentina. Rev. Parasitol.3: 76- 176.
- 2.- González R., Córdova C., Torres G., Mendoza P., Arece J., 2011. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. Vet. Méx. 42:125-135.
- 3.- Lara DM. 2013. Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. Rev Cien Tec Agropec 4:55-71.
- 4.- Qadir, S., Dixit, A., Pooja Dixit, P. 2010. Use of medicinal plants to control Haemonchus contortus infection in small ruminants. Vet. World. 11:515-518.
- 5.- Iglesias L. E; Saumell C. A.; Fusé L. A.; Lifschitz A. L.; Rodriguez E. M.; Steffan P. E.; Fiel, C. A. 2005. Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación de la materia fecal en pasturas (tandil, argentina). Ria. 3:83-103.
- 6.- Rodríguez RI, Arieta RJ, Pérez LC, Rosado JA, Ramírez GT, Basto G. 2010. Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata Rhipicephalus (Boophilus) microplus en el ganado bovino. Arch Med Vet. 42:115-123.
- 7.- Nery P.S., F.A. Nogueira, E.R. Martins, E.R. Duarte. 2010. Effects of Anacardiumhumile leaf extracts on the development ofgastrointestinal nematode larvae of sheep. Vet. Parasitol. 171:361-364.

- 8.- Ortiz P. R. 1991. El abasto de la sal para la minería: las salinas de Tepopoxtla, 1849-1900. *Historia Mexicana* Vol. 41, No. 1, En su XL Aniversario. 111-133.
- 9.- Siméon, Rémi. 2007 "Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana", Ed. Siglo XXI. 19: 6-7.
- 10.- Matos, Vilmaris, Rodríguez Diego, J.G, Alfonso, P, Martín, J, Mengana, Eliarse, Pérez, E, Moya, et al., 2011. Eficacia antiparasitaria de ivermectina y closantel contra *Oestrus ovis* en ovinos infestados naturalmente. *Rev Salud Anim.* 33: 184-189.
- 11.-González-Garduño, R.; Torres-Hernández, G. y Arece-García, J. 2011. Daily weight gain sheep feeding with Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) supplemented with diverse protein sources. *AIA.* 15: 3-20.
- 12.- Herrera J.G., y García C., 2010. *Bioestadística en Ciencias Veterinarias, Procedimientos de análisis de datos con SAS.* Editorial Universidad Complutense de Madrid.
- 13.- Steel, R.G., y Torrie I.H.. 1992. *Bioestadística: principios y procedimientos.* 1:740-741. McGraw-Hill Interamericana, México.
- 14.- Powers, K. G., L. B. Wood, J. Eckert., T. Gibson, H. J. Smith. 1982. World associations for advancement of veterinary parasitology (W.A.A.V.P) Guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in animals. *Vet. Parasitol.* 10: 265-284.
- 15.- Vermunt J, West D, Pomroy W . 1996. Inefficacy of moxidectin and doramectin against ivermectin-resistant *Cooperia* spp. of cattle in New Zealand. *NZ Vet J.* 44:188-193.
- 16.- Soca, Mildrey; Roque, E.; Soca, Maylin. 2005. Epizootiología de los nemátodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes Pastos y Forrajes. *Rev. Parasitol.* 3:175-185.

- 17.- Vieira, L.S., 2002. Eimeriose de pequenos ruminantes: panorama da pesquisa no nordeste do Brasil. Embrapa Caprinos e Ovinos: Sobral. 38: 23-25.
- 18.- Qi-Nan L.; Feng J.; Li J.; Zhan X.; Hu Hu Z. 2016. Decomposition and mineralization of sulfaquinoxaline sodium during UV/H₂O₂ oxidation processes Rev. Elsevier. 15:494-502.
- 19.- Davis, J.; R. Paylor; M. McDonald; M. Libbey; A. Ligler; K. Bryant; J. Crawley. 1990. Behavioral effects of Ivermectin in mice. Lab. Anim. Sci. 40:288-296.
- 20.- Cudekova P, Varady M, Dolinska M and Konigova A. 2010. Phenotypic and genotypic characterisation of benzimidazole susceptible and resistant isolates of *Haemonchus contortus*. Vet Parasitol 172: 155-159.
- 21.- Orozco M, Álvarez V, Jiménez A and Acuña Ó. 2009. In vitro assessment of nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes of ruminants. Rev MVZ 14:1820-1830.
- 22.- Munguía-Xóchihua J.A. , Valenzuela-Medrano W., Leyva-Corona J.C. , Morales-Pablos M.I. , Figueroa-Castillo J.A. 2013. Potencial del orégano como alternativa natural para controlar *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo. Rev Lat Ame Rec Nat 9:150-154.
- 23.- Hounzangbe-Adote M.S., V. Paolini, I. Fouraste, K. Moutairou, H. Hoste. 2005. In vitro effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*. Res. Vet. Sci. 78:155-160.
- 24.- Suarez VH, SL Cristel. 2007. Anthelmintic resistance in cattle nematode in the western Pampeana Region of Argentina. Vet Parasitol 144:11-117.

- 25.- Toro A, Rubilar L, Palma C, Pérez R. 2014. Anthelmintic resistance of gastrointestinal nematode in sheep treated with ivermectin and fenbendazole. Arch. med. vet. 46:2-4.
- 26.- Pérez RA. 2009. Evaluación de eficacia de ivermectina asociada con vitaminas A, D3, E (INVECTINA ADE®) en el tratamiento de parásitos gastrointestinales y la ganancia de peso en corderos naturalmente infectados. Memoria de Título, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- 27.- Muñoz J.; Angulo F.; Ramírez R.; Vale O.; Chacin E.; Simoes D.; Atencio A. 2008. Eficacia Antihelmíntica De Doramectina 1%, Ivermectina 1% Y Ricobendazol 15% frente a nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo. Rev. Científic. 1:12-16.
- 28.- Quiral B. 2006. Comparación de la eficacia antihelmíntica entre ivermectina y doramectina contra parasitismo gastrointestinal en ovinos. Memoria de Título, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- 29.- Morales, G. y L. Pino. 2003. Carga parasitaria de nematodos gastrointestinales y la riqueza específica en ovinos naturalmente infectados. Veterinaria Argentina; 20: 100-108.
- 30.- Morales G; Pino A.; Sandoval E., Y Jimenez D. 2005. Tópicos de helmintología en rumiantes. Edit. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Yaracuy. Proyecto de ganadería Bovina Doble Propósito. 1:100-102.

Tabla 1. Efecto del ivermectina y tequesquite sobre la carga parasitaria.

	Día	Tratamientos			EE	CV%	P
		Testigo	Ivermectina	Tequesquite			
<i>Cooperia</i> spp.	0	0.00	1.44	2.02	0.793	200.680	0.204
	28	2.44 ^a	0.00 ^b	0.58 ^{ab}	0.632	200.160	0.032
<i>Eimeria</i> spp.	0	3.72	6.98	3.85	0.776	78.324	0.168
	28	4.89 ^a	3.51 ^{ab}	0.71 ^b	0.969	104.115	0.019
<i>Haemonchus</i> spp.	0	7.19 ^a	2.31 ^b	5.79 ^{ab}	1.067	69.952	0.012
	28	6.73	3.11	3.81	1.254	82.424	0.121
<i>Moniezia</i> spp.	0	3.14	2.58	4.17	0.963	81.615	0.508
	28	1.99 ^{ab}	3.41 ^a	0.00 ^b	0.808	145.022	0.024
<i>Ostertaria</i> spp.	0	0.86	2.85	2.22	1.036	147.884	0.399
	28	0.00	0.82	0.00	0.473	489.890	0.385
<i>Strongylus</i>	0	2.94	2.02	2.02	1.039	122.406	0.772
	28	0.58	0.00	0.00	0.332	489.890	0.385
Total	0	8.12	7.74	8.38	0.370	12.809	0.491
	28	7.78 ^a	6.81 ^{ab}	4.57 ^b	0.851	41.953	0.041

Porcentaje de coeficiente de variación (CV%), error estándar (EE), huevos por gramos de heces (hph), $p \leq 0.05$ y medias con distinta literal presentan diferencia significativas.

Tabla 2. Porcentaje de eficacia antihelmíntica de ivermectina y tequesquite en ovinos.

	Tratamientos %	
	Ivermectina	Tequesquite
<i>Cooperia</i>	100	83.3
<i>Eimeria</i>	-127.2	86.3
<i>Haemonchus</i>	87.5	52.14
<i>Moniezia</i>	-71.4	100
<i>Strongylus</i>	100	100
<i>Trichuris</i>	100	100
Total	68.7	58.6

Tabla 3. Efecto de suministrar ivermectina y tequesquite en algunas variables productivas de ovinos.

	Tratamientos			EE	CV %	P
	Testigo	Ivermectina	Tequesquite			
Consumo de agua (l)	1.62	1.87	1.79	0.16	25.97	0.54
Consumo de MS (g)	843	848	905	54.33	18.82	0.71
Peso inicial (kg)	21.4	21.8	22.6	1.32	16.41	0.82
Peso final (kg)	23.4	25.3	24.2	1.60	18.07	0.71
GDP (kg)	0.07	0.12	0.05	0.28	98.26	0.24
Conversión	19.9	7.8	13.5	2.59	90.82	0.15

% de coeficiente de variación (CV%), error estándar (EE), litros (l), gramos (g), kilogramos (kg) y $p \leq 0.05$.