



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y
BIOLÓGICAS

CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

“ESTRONGILOSIS EQUINA: EPIDEMIOLOGÍA, CONTROL Y
RESISTENCIA A LOS ANTIHELMÍNTICOS”

Trabajo de investigación para optar el Grado de Bachiller en:
Medicina Veterinaria y Zootecnia

Presentado por:

Almendra Yadira Miranda Belleza

0000-0003-0363-7570

Asesor:

Mg. Daniel Alexis Zárate Rendón

0000-0003-3532-8084

Lima – Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE BACHILLER

Lima, 21 de agosto de 2020.

Los integrantes del Jurado de Trabajo de Investigación:

Presidente: Dr. CESAR AQUILES LAZARO DE LA TORRE
Miembro: M.V. EVA CONSUELO CASAS ASTOS
Miembro: M.V. JOSE LUIS COLLAO CARLOS

Se reúnen para evaluar el Trabajo de Investigación titulado:

“ESTRONGILOSI EQUINA: EPIDEMIOLOGÍA, CONTROL Y RESISTENCIA A LOS ANTIHELMÍNTICOS”

Presentada por:

ALMENDRA YADIRA MIRANDA BELLEZA

Para optar el Grado Académico de Bachiller en **Medicina Veterinaria y Zootecnia**

Asesorada por: **Mg. DANIEL ALEXIS ZARATE RENDON**

Luego de haber evaluado el informe final del trabajo de investigación y evaluado el desempeño de la egresada de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

Bachiller: ALMENDRA YADIRA MIRANDA BELLEZA	Nota (en letras): Dieciocho		
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dr. CESAR AQUILES LAZARO DE LA TORRE
Presidente

Mg. DANIEL ALEXIS ZARATE RENDON
Asesor

M.V. EVA CONSUELO CASAS ASTOS
Miembro 1

M.V. JOSE LUIS COLLAO CARLOS
Miembro 2

INDICE

1. Introducción
2. Estróngilos equinos
 - 2.1 Pequeños estróngilos o ciatostómidos
 - 2.1.1 Generalidades
 - 2.1.2 Ciclo Biológico
 - 2.2 Grandes estróngilos
 - 2.2.1 Generalidades
 - 2.2.2 Ciclo Biológico
3. Estrongilosis Equina
 - 3.1 Importancia
 - 3.2 Epidemiología
 - 3.3 Signos clínicos
 - 3.4 Diagnóstico
 - 3.5 Tratamiento
 - 3.5.1 Fármacos antihelmínticos
 - 3.5.1.1 Lactonas macrocíclicas
 - 3.5.1.2 Benzimidazoles
 - 3.5.1.3 Tetrahidropirimidinas
 - 3.5.2 Resistencia antihelmíntica
 - 3.5.2.1 Resistencia a Benzimidazoles
 - 3.5.2.2 Resistencia a Tetrahidropirimidinas
 - 3.5.2.3 Resistencia a Lactonas Macrocíclicas
 - 3.5.2.4 Métodos de detección de resistencia antihelmíntica
 - 3.6 Métodos de control
4. Conclusiones
5. Bibliografía

Resumen

La enfermedad producida por los estróngilos: pequeños o ciatostómidos y grandes estróngilos, es, actualmente, una parasitosis frecuente en los equinos y causante de distintos problemas que afectan sus actividades cotidianas de trabajo. Los ciatostómidos presentan una alta prevalencia en todo el mundo a diferencia de los grandes estróngilos, cuya prevalencia en algunas regiones es casi nula. Ambos parásitos presentan ciclos de vida directo, siendo las larvas del tercer estadio las infectante que se encuentran al pastoreo. Los equinos que se infectan con estos parásitos pueden presentar signos como cólicos, diarreas y pérdida de peso, que pueden provocar hasta la muerte del animal. El control de la strongilosis equina se basa, fundamentalmente, en los tratamientos con antihelmínticos, siendo las lactonas macrocíclicas, benzimidazoles y tetrahidropirimidas los grupos más utilizadas. Sin embargo, el uso indiscriminado y empírico de estos fármacos antiparasitarios, ha conducido al desarrollo de poblaciones resistentes. La denominada resistencia antihelmíntica en los estróngilos es una seria amenaza para el control antiparasitario en el equino y existen numerosos reportes en diferentes partes del mundo confirmando la resistencia a benzimidazoles y tetrahidropirimidinas en ciatostómidos, mientras que las lactonas macrocíclicas presentan aun alta eficacia para el tratamiento de strongilosis. Por esta razón se debería de monitorear periódicamente los niveles de eficacia de los antihelmínticos aplicando técnicas prácticas de campo, tales como la técnica de reducción de conteo de huevos fecales. (FECRT)

Abstract

The disease produced by small strongyles or cyathostomes and large strongyles is the most frequent parasitosis in equines and the cause of different problems that affect their daily work activities. Nowadays, cyathostomes have a high prevalence worldwide, in contrast to the large strongyles, whose prevalence in some regions is almost nule. Both parasites have direct life cycles and their infective form is the third stage larvae on the pastures. Equines that consume these parasites can present signs such as colic, diarrhea and weight loss that can lead to the death of the animal. Control of strongyles is mostly based on anthelmintic treatments, with macrocyclic lactones, benzimidazoles and tetrahydropyrimides being the most widely used, however, the indiscriminate and empirical use of these anthelmintic drugs, has led to the development of drug resistant populations. The anthelmintic resistance in strongyles is a serious threat to equine parasite control and there are numerous reports in different parts of the world confirming resistance to benzimidazoles and tetrahydropyrimidines in cyatostomids, while macrocyclic lactones are still highly effective for treating strongylosis. For this reason, the efficacy levels of anthelmintics should be periodically monitored applying practical field techniques, such as the fecal egg count reduction technique .

Estrongilosis equina: Epidemiología, control y resistencia a los antihelmínticos.

1. Introducción

Los equinos presentan una gran variedad de parásitos que pueden perjudicar su rendimiento y afectar seriamente su salud. El tipo de crianza influirá en la incidencia de estos parásitos, incluso desde las primeras semanas de vida, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre. Dentro de estas parasitosis, una de las más comunes y patógenas son las producidas por los denominados estróngilos equinos, nematodos parásitos que se dividen en pequeños y grandes estróngilos. Estos parásitos se alojan en el ciego, colon dorsal y colon ventral de los equinos.

Los pequeños estróngilos o ciatostómidos presentan una alta prevalencia en todo el mundo, constituyendo el parásito más común de encontrar en caballos alrededor del mundo. Por otro lado, los grandes estróngilos, aunque más patógenos, actualmente presentan una prevalencia significativamente más baja. El control y el tratamiento de la infección con estróngilos o estrongilosis equina se basan principalmente en el uso frecuente de fármacos antiparasitarios, siendo los benzimidazoles, lactonas macrocíclicas y tetrahidropirimidinas los grupos químicos más empleados.

Sin embargo, los fármacos utilizados han disminuido significativamente en eficacia a consecuencia de la aparición de resistencia antihelmíntica, debido al uso empírico y frecuente. Este fenómeno es uno de los problemas más serios que afrontan los programas de control antiparasitario en equinos en la actualidad. Por esta razón es muy

importante realizar un manejo adecuado y correcto de los fármacos para reducir la aparición de resistencia y así poder mantener su eficacia. Los estudios de eficacia de drogas antihelmínticas contra estróngilos son, por lo tanto, muy necesarios en el contexto actual y constituyen la base del desarrollo de programas óptimos de control de esta importante parasitosis.

2. Estróngilos equinos

2.1 Pequeños estróngilos o ciatostómidos

2.1.1 Generalidades

El grupo de los pequeños estróngilos o ciatostómidos está constituido por nematodos parásitos con un tamaño entre 6 a 22 mm, que se alojan en las superficies de la mucosa en ciego y colón. Estos helmintos se encuentran comprendidos en la subfamilia Cyathostominae, la cual comprende 13 géneros con hasta 52 especies reconocidas. De este total se han reportado 10 especies solo en cebras o asnos; y algunas especies son muy raras, con presentación muy esporádica *en caballos*. *Se ha reportado que 10 especie son las más comunes a nivel mundial: Cylicostepharus longibursatus, Cyathostomun Catinatun, Cylicostepharus goldi, Cylicocyclus nassatus, Cyathostomun coronatun, Cylicostepharus calicatus, Cylicostepharus minutus, Cylicocyclus leptostomus, Cyathostomun pateratum y Cylicocyclus insigne* (Lyons *et al.*, 1999; Brianti *et al.*, 2009).

2.1.2 Ciclo Biológico

Los ciatostómidos presentan un ciclo de vida directo, en el cual el contagio se da por el consumo de larvas de tercer estadio (L3) en pastos infestados. Estas larvas se alojan en el intestino grueso (ciego y colon) del hospedero, lugar donde alcanza el estadio adulto

y posterior reproducción sexual, producción y excreción de huevos, eliminados por las heces del hospedero al medio ambiente (Hodgkinson, 2006 citado por Zárate, 2012).

Los huevos en el medio ambiente se desarrollan dentro de un rango óptimo de 25° a 33°C, con un límite superior de 38°C, y un límite inferior de aproximadamente 7.5°C, sin embargo, otros autores mencionan que la embrionización del huevo puede tener lugar incluso a temperaturas de 4°C (Nielsen *et al.*, 2007). El embrión se desarrolla dentro del huevo hasta la primera etapa larval (L1) que luego eclosiona. En el medio ambiente, la L1 muda dos veces, alcanzando la L3, la cual es la fase infectiva (Lyons *et al.*, 1999; Nielsen & Reinemeyer., 2018; Brianti *et al.*, 2009).

La L3 se encuentra cubierta por una cutícula de doble capa lo que evita que esta se alimente, pero le permite sobrevivir a condiciones ambientales extremas. La infección de los equinos se da cuando ellos ingieren las L3 en pastizales, las cuales una vez en el tracto digestivo se desenvainan en la luz intestinal para penetrar la mucosa del ciego. Una vez en el interior del intestino las L3 presentan dos etapas de desarrollo adicionales que se denominan: larva temprana de tercera etapa, donde tiene la capacidad de entrar en hipobiosis dentro de la mucosa intestinal, dependiendo de varios factores ambientales y biológicos; y la larva tardía de tercera etapa que tiene una cápsula bucal tubular característica (Chapman *et al.*, 1999 citado por Zárate, 2012; Nielsen & Reinemeyer, 2018).

Las larvas que ya están enquistadas en la mucosa intestinal prosiguen su desarrollo hasta alcanzar su cuarta etapa (L4), en el cual su cápsula bucal cambia a una forma de copa distinguible. El desarrollo de L3 a L4 ocurre dentro del quiste fibroblástico que se forma cuando la larva ingresa a la mucosa. Luego la L4 se dirige hacia la luz intestinal donde, finalmente, muda a adulto, completando su desarrollo. La L4 generalmente

permanece enquistada durante 30 a 60 días antes de emerger a la luz intestinal. Sin embargo, este período puede ser tan largo de hasta 2 años, en el caso de una detención del desarrollo (ciclo hipobiótico) (Laugier *et al.*, 2002 citado por Nielsen *et al.*, 2007; Nielsen & Reinemeyer, 2018).

La característica más común del denominado ciclo hipobiótico o de arresto larvario mucosal, es la emergencia lenta de larvas enquistadas a la luz. Sin embargo, a veces debido a factores desconocidos, las larvas se pueden liberar masivamente en un corto período de tiempo, produciendo daño tisular severo y enfermedad clínica, causando el síndrome conocido como ciatostominosis larvaria (Lyons *et al.*, 1999) Observaciones realizadas en Europa sugieren que las condiciones ambientales más frías pueden ser un desencadenante de la detención o arresto de larvas en la mucosa. Una gran proporción de L3 ingerida al final del verano y en otoño ingresa a hipobiosis, durante todo el invierno, y luego emergen para comenzar su ciclo de vida luminal en el siguiente verano (Eysker *et al.*, 1990).

2.2 Grandes estróngilos

2.2.1 Generalidades

Dentro del grupo de grandes estróngilos tenemos, principalmente, al género *Strongylus*, con tres especies: *Strongylus vulgaris*, *S. equinus*, *S. edentatus*. En el caso de *S. vulgaris*, presenta un cuerpo recto y rígido con una coloración amarillo grisáceo. Tiene una cápsula bucal ovalada y dos dientes grandes con ápices redondeado en su base. (Fortes, 1997 citado por Bassan *et al.*, 2008). Los machos miden entre 14 a 16 mm mientras que las hembras miden de 20 a 24 mm. Este parásito se aloja en el ciego del equino y sus larvas se encuentran en la circulación arterial, siendo esta fase la más patógena, debido al potencial daño producido al endotelio de los vasos sanguíneos que

puede desencadenar la oclusión de las arterias. Por las características de su ciclo biológico, necesitan aproximadamente un año de desarrollo endógeno, por lo que se observa solo en animales adultos (De Nieukerken, 2017).

S. edentatus presenta una cabeza más larga, su cápsula oral tiene forma de copa y no presenta dientes en la base. En su estadio adulto los machos miden entre 23 a 28 mm y las hembras de 33 a 44 mm. Se aloja en el colon o ciego y las larvas en diversos órganos, tales como hígado y ganglios linfáticos (Fortes, 1997 citado por Bassan *et al.*, 2008).

S. equinus presenta una cápsula bucal oval con presencia de un gran diente dorsal que aparece unido a la gotera esofágica y dos subventrales. El tamaño de los machos varía entre 25 a 35 mm y de las hembras de 38 a 50 mm, siendo esta la especie más grande del género. Es la especie que menos migración orgánica presenta sin embargo cuando existe una fuerte infección se ha logrado encontrar larvas a nivel del hígado, páncreas, pulmones, tejidos conjuntivo y parénquimas (Fortes, 1997 citado por Bassan *et al.*, 2008).

2.2.2. Ciclo Biológico

Strongylus spp. presentan un ciclo de vida directo, similar a los pequeños estróngilos, con la L3 como forma infectiva, ingresando a la mucosa intestinal y transformándose en L4 en la submucosa, en un tiempo aproximado de dos semanas. Sin embargo, la gran diferencia con los ciatostómidos es el periodo pre patente, siendo para el caso de *S. vulgaris* es de 6 a 7 meses, *S. edentatus* de 10 a 12 meses y *S. equinus* de 8 a 9 meses (Urquhart *et al.*, 1996, citado por Bassan *et al.*, 2008; Nielsen *et al.*, 2018).

Los huevos *Strongylus spp.* Pueden encontrarse entre temperaturas de 9 y 38 grados; una temperatura elevada ayudará a acelerar el desarrollo de los huevos, en

condiciones invernales los huevos pueden tardar en desarrollarse aproximadamente un mes (De Nieukerken, 2017; Nielsen *et al.*, 2018).

En el caso de *S. vulgaris* cuando las L3 se convierten en L4, ingresan a la mucosa del intestino, ciego y colon, desde donde penetran las pequeñas arterias y migran por el endotelio vascular, llegando a ubicarse en la arteria mesentérica craneal. Después de quedarse allí, aproximadamente, cuatro meses, la L4 se transforma en L5 ocurre aproximadamente cuatro meses después de la infección y retorna a la pared intestinal, formándose grandes nódulos alrededor en las paredes del colon debido a su tamaño. Luego ocurre la ruptura de estos nódulos liberándose parásitos jóvenes a la luz intestinal. (Urquhart *et al.*, 2001 citado por De Nieukerken, 2017).

Durante su fase endógena, las larvas L3 de *S. edentatus* viajan hacia el sistema porta para llegar de esta manera al parénquima hepático en donde mudan a L4 en dos semanas y empiezan a migrar por el órgano, (se han encontrado larvas a nivel de los ligamentos hepatorenal) hasta llegar, luego de cuatro meses, a su último estadio por debajo del peritoneo hasta la pared del intestino grueso formando nódulos purulentos (Urquhart *et al.*, 2001 citado por De Nieukerken, 2017).

En el ciclo de *S. equinus*, las larvas que ya se encuentran en la fase de L3 migrarán hacia el colon y el ciego en un periodo corto de una semana, tiempo después en el cual se forman nódulos en la capa serosa del intestino, en estos nódulos se provocará la transformación a L4 las cuales viajarán al parénquima hepático y páncreas hasta llegar a su último estadio (Urquhart *et al.*, 2001 citado por De Nieukerken, 2017).

3. Strongilosis Equina

3.1 Importancia

La Estrongilosis equina es actualmente la enfermedad parasitaria más importante de los equinos y causa principal de enfermedad en el intestino grueso. El grado de la enfermedad va depender del tipo de estrongilos, la edad, resistencia del hospedero, tamaño, caga parasitaria (larvas y adultos) y el grado de lesiones producidas (Sánchez, 2018). Los estrongilos no solo causan daños directos, sino que también reducen la inmunidad de los animales infectados y los predisponen a una amplia gama de enfermedades (Kaur *et al.*, 2019).

Se puede presentar una estrongilosis aguda la cual se da por la ingesta repentina de gran cantidad de larvas infectivas (L3), mientras que una estrongilosis crónica se da por una ingesta de bajas cantidades de L3 durante un periodo prolongado, por un animal de mayor edad y más resistente. Las pasturas es el sitio de mayor contaminación, debido a que es un ambiente propicio para la eclosión de los huevos, desarrollo de larvas y en donde los animales pasan la mayoría de su tiempo alimentándose (Sánchez, 2018).

Los factores predisponentes responsables del establecimiento de estos endoparásitos incluyen el manejo del pasto, la deficiencia de nutrientes en la dieta, la disponibilidad de forraje, la inmunidad del hospedero para contrarrestar la infección parasitaria, la variación estacional, hábitos de pastoreo, cantidad de larvas de tercera etapa, bajo rendimiento reproductivo, molestias gastrointestinales y emaciación prolongada (Kaur *et al.*, 2019).

En 2016, en Colombia, se estudió los principales factores de riesgo asociados a la infección de estrongilos, y se encontró que existe una mayor influencia en aquellos caballos que presentan un pastoreo continuo, debido a que consumen de pastizales sin recibir ningún tratamiento, a diferencia de los caballos que están estabulados ya que la procedencia de los pastizales que consumen tienen un mayor control. También se sabe

que estos últimos presentan una mejor atención sanitaria por el gran valor económico que aportan a diferencia de los que se dedican a trabajos de carga que muchas veces no reciben desparasitación frecuente (Chaparro *et al.*, 2016).

3.2 Epidemiología

La prevalencia de pequeños estróngilos en caballos es muy alta; de tal forma que, prácticamente casi el 100% de los caballos a nivel mundial están infectados con estos parásitos. Por esta razón los ciatostómidos son actualmente considerados los principales parásitos en caballos. Los factores ambientales tienen un gran impacto en las poblaciones de parásitos, especialmente en las fases externas de su ciclo en crías al pastoreo, lo cual influye grandemente en la presentación de la parasitosis (Hass, 1979; Reinemeyer *et al.*, 1984; Tolliver *et al.*, 1987 citado por Lyons *et al.*, 1999). El número de las larvas en la mucosa intestinal son menos abundantes en hospederos de mayor edad, lo que indica que la edad del hospedero tiene un efecto sobre la carga parasitaria mucosal (Mughini, Usai & Stancampiano, 2011).

Un estudio realizado en Rumania encontró una alta prevalencia de ciatostómidos en una población de caballos de trabajo, utilizados para consumo humano, sin un control parasitario adecuado. En este trabajo se identificaron hasta 24 especies de ciatostómidos, siendo *Cyathostomum catinatum*, *Cylicocyclus insigne*, y *Cylicocyclus Nassatus* los más comunes (Morariu *et al.*, 2016). Por otro lado, en los Estados Unidos una investigación logró identificar hasta 33 especies de ciatostómidos, siendo tres de ellas nuevas especies (*Cylicocyclus ashworthi*, *Cylicostephanus bidentatus* y *Cylicostephanus hybridus*) (Kuzmina *et al.*, 2011 citado por Morariu *et al.*, 2016).

En Sudamérica también existen reportes sobre estos parásitos en equinos. Así por ejemplo, en Brasil, un trabajo de investigación encontró una prevalencia del 96.36%

para ciastostómidos, un nivel alto de infección, en caballos de crianza al pastoreo, y pese al hecho de ser desparasitados frecuentemente. Una investigación realizada en Antioquía, Colombia, un país con mucha tradición caballar, mostró un porcentaje alto de distintos grupos de parásitos siendo la familia Strongylidae la más común, con una prevalencia del 54%, determinada mediante pruebas coprológicas en un grupo grande de caballos. Los coprocultivos evidenciaron que el porcentaje de pequeños estróngilos fue superior al de grandes estróngilos con 86.2% y 13.5%' respectivamente (Chaparro *et al.*, 2016).

Mientras que en el caso de grandes estróngilos a principios de la década de los 80's ya se reconocía que *S. vulgaris* se estaba haciendo menos prevalente, y que los ciastostómidos representaban la mayor parte de los huevos de estróngilos detectados en caballos al pastoreo. Así, en el año 2018 en Kentucky, EE UU, estudios *postmortem* en caballos demostraron una prevalencia nula en *S. edentatus* y *S. vulgaris* en los caballos estudiados. Sin embargo, en este mismo estudio, menciona en otras granjas cercanas, la presencia de *S. vulgaris* y *S. edentatus post mortem*, pero sin aparente enfermedad parasitaria clínica (Lyons *et al.*, 2018).

Sin embargo, en Suecia, en 2019 se identificó la presencia de *S. vulgaris* mediante biología molecular, con una prevalencia entre 28% a 64,3%, cifra tres veces superior a la encontrada en 1999 en el mismo país. En el año 2007, por temor a la emergencia de resistencia antihelmíntica, se planteó el uso de antiparasitarios dentro de un programa de terapia selectiva, restringiendo la compra de los antiparasitarios solo bajo prescripción veterinaria. Aunque no se encontró asociación significativa entre la prevalencia de *S. vulgaris* y el nivel de recuento de huevos fecales, edad del caballo, región geográfica o signos de cólico se menciona una probable relación entre el menor uso de fármacos y la elevación de la prevalencia del parásito (Tydén *et al.*, 2019). Caso similar ocurrió en Dinamarca donde se encontró una prevalencia de *S. vulgaris* de 12% y del 64,3% a nivel

de granja, razón por la cual también se recomendó un régimen de terapia selectiva para el uso de antihelmínticos. (Nielsen *et al*, 2012).

En el Perú existe carencia de evidencia de reportes actuales de estrogilosis sin embargo, esa escasa cantidad de información indica una alta prevalencia como lo demuestra un estudio realizado en la provincia de Chincha donde se encontró una prevalencia del 74.22% es caballos pura sangre infectado de strongylus (Dávalos y Galarza , 2016).

3.3 Signos clínicos

Los signos son influenciados principalmente por el agente etiológico específico, la intensidad de infección y estado del animal, así por ejemplo los equinos infectados con grandes estróngilos pueden presentar pérdida de peso, pelo áspero, diarreas, cólicos, decaimiento, intolerancia al ejercicio, edemas y disminución de la motilidad intestinal. En un caso agudo es más frecuente encontrar cólicos que afectan rápidamente al animal, pudiendo provocar su muerte, mientras que los casos crónicos tienden a causar debilitamiento y signos de cólico, pero también puede causar diarrea (Sánchez, 2018; Kaur *et al.*,2019).

La diarrea asociada con la estrogilosis aguda ocurre varios días después de la infección y es probable que sea causada por la migración de las larvas a través de la pared intestinal. Están asociados con el proceso larvario migratorio ya que provocan una enteropatía inflamatoria causada por la penetración de las larvas al tejido intestinal (Sánchez, 2018).

Otro factor que contribuye a la patogenia de los estróngilos es la migración de las L4, de la mucosa a la submucosa, causando interferencia en el flujo sanguíneo a la pared

intestinal generando edema mural, hemorragia e infiltración de células inflamatorias, en este momento ya la motilidad gástrica esta anormal desarrollando más las diarreas. En el caso de *S. vulgaris*, las larvas que ingresan a las paredes de las arterias mesentéricas craneales y sus ramas conducen a la formación de trombosis, donde hay un bloqueo arterial provocando el infarto de las paredes intestinales. Esto, en su forma crónica causa la arteritis verminosa típica y se asocia más comúnmente con infecciones naturales de grandes estróngilos (Sánchez, 2018). La liberación de mediadores inflamatorios, como las prostaglandinas, la histamina y las cininas, de las células inflamatorias asociadas con los trombos y el intestino inflamado también puede afectar la secreción, la absorción y la motilidad, lo que lleva a la diarrea que es la causa de las muertes (Sánchez, 2018).

Los signos clínicos en pequeños estróngilos son más comunes durante los períodos de aparición de larvas, que corresponden al final del invierno y la primavera en las zonas templadas del norte. El signo clínico más frecuente en pequeños estróngilos en una infección aguda es diarrea profusa que puede progresar a diarreas crónicas, a menudo leves. Estas diarreas van acompañadas de una pérdida de peso, moderada a severa, edema ventral, fiebre intermitente y cólico leve intermitente (Sánchez, 2018; Kaur *et al.*, 2019).

La aparición y la migración de las larvas a medida que penetran en la mucosa afecta los patrones de motilidad y puede causar inflamación fibrinosa del intestino grueso, necrosis focal, hemorragia mural y ulceración de la mucosa del intestino grueso, lo que incluso puede producir sangrado en la luz. Se ha informado que en ciatostominosis larvaria se produce colitis granulomatosa crónica en respuesta a las larvas enquistadas y puede causar diarrea por secreción aumentada secundaria a inflamación granulomatosa o interrupción del intersticio por infiltración granulomatosa (Sánchez, 2018).

3.4 Diagnóstico

Existen distintas pruebas para el diagnóstico clínico como son los métodos coprológicos, serológicos y moleculares. Dentro de los métodos coprológicos tenemos a las técnicas cualitativas (Flotación) y cuantitativas (Mac Master), en donde se realiza el recuento de los huevos fecales, los cuales son la prueba de elección para el diagnóstico *in vivo* de estrogilosis (Nielsen *et al.*, 2010).

La técnica Mac Master es la más usada para el recuento de huevos fecales. Esta se realiza mediante el uso de cámaras de conteo del mismo nombre, con un volumen de 2 x 0.15 ml. La base de esta técnica radica en la suspensión de una cantidad de heces en un volumen predeterminado de solución de flotación saturada. Las cámaras se llenan con una suspensión de heces en fluido de flotación, para que los huevos floten hacia la superficie. El número de huevos se cuenta y se corrige matemáticamente por peso y dilución en donde pueden ser fácilmente vistos y contabilizados (Zárate, 2012; Gibbons, Jacobs, Fox, & Hansen, 2011).

La identificación de especies y género en los estróngilos basada en huevos es imposible, ya que todas las especies presentan las mismas características. Para poder identificar la especie se tiene que realizar coprocultivos de larvas, el cual permite diferenciar entre grandes estróngilos y ciastostómidos (Hodgkinson, 2006; Lichtenfels *et al.*, 2002 citado por Zárate, 2012).

La técnica de Mini FLOTAC, es un proceso moderno de la flotación prometedor para detectar y contar huevos de helmintos en animales y humanos, y se pueden usar para el recuento de huevos fecales (FEC) en lugar de la tradicional técnica flotación en laboratorios donde no se puede realizar el paso de centrifugación (Parasitología Veterinaria, 2018; Martínez, 2019).

3.5. Tratamientos:

3.5.1 Fármacos antihelmínticos

Actualmente existen tres clases principales de antihelmínticos utilizados para controlar estróngilos en los caballos: benzimidazoles (fenbendazol, oxfendazol, oxibendazol), tetrahidropirimidinas (sales de pirantel) y lactonas macrocíclicas (ivermectina y moxidectina) (Kaplan, 2002).

3.5.1.1 Lactonas macrocíclicas

El grupo de las lactonas macrocíclicas presentan una alta eficacia, el grupo comprende dos familias: las avermectinas y las milbemicinas. La Avermectina B1 (abamectina) es la molécula original natural de las avermectinas y molécula madre de la ivermectina, miembro más famosa del grupo. Otros miembros de la familia tales como eprinomectina, doramectina y selamectina se producen sintéticamente (Zárate, 2012).

El mecanismo de acción de las lactonas macrocíclicas se encuentra en los canales de cloro los cuales están ligados a receptores de glutamato (GluCl), estas se encuentran de manera exclusiva en las neuronas como también en células musculares de los invertebrados. Por esta razón el canal GluCl aumenta la permeabilidad al Cl⁻, causando hiperpolarización de la membrana celular. Este efecto conducirá a una parálisis flácida que origina pérdida en la motilidad debido hay un estímulo por la liberación del ácido gama aminobutírico que es un neurotransmisor de tipo inhibitorio que detiene la transmisión de impulsos nerviosos del parásito (Solís, 2009).

La ivermectina es hasta la actualidad uno de los fármacos que sigue presentando buena eficacia en el control parasitario, a pesar de los años en el mercado (Zárate, 2012). Se presentó a mediados de los años 80 revolucionando el control de los parásitos en medicina Veterinaria al presentar una eficacia del 95% al 100% (Solís, 2009).

La Moxidectina se introdujo al principio de los años 90 mostrando una amplia actividad contra la mayoría de los nematodos gastrointestinales de animales incluyendo los equinos con alta eficacia, encontrándose una alta eficacia contra larvas enquistadas de ciastostómidos (Rubilar *et al.* 2001 citado por Solís, 2009).

3.5.1.2 Benzimidazoles

El grupo de los benzimidazoles presenta un mecanismo de acción que se basa en la desintegración de las estructuras microtubulares del parásito. Debido a que actúan al ligarse a la subunidad de la proteína tubulina de nematodo y cestodos, provocando una modificación del patrón de polimerización el cual forma los microtúbulos. Los benzimidazoles más usados en equinos son: albendazol, febendazoles, cambendazol, mebendazol (Catana *et al.*, 2016).

3.5.1.3 Tetrahidropirimidinas.

Dentro del grupo de los tetrahidropirimidinas tenemos al Pamoato de pirantel que actúa directamente en contra de muchos nematodos, y cuyo uso comenzó en 1996. Su mecanismo de acción se basa en bloquear la transferencia neuroganglionar del parásito con un efecto colinérgico que causa una despolarización. Se menciona una alta eficacia para el tratamiento de grandes estróngilos con una dosis de 6.6 a 7 mg/kg vía oral (Sumano y Ocampo, 2007 citado De Nieukerken, 2017).

3.5.2 Resistencia antihelmíntica

La resistencia antihelmíntica se define como la capacidad heredada de los gusanos individuales en una población para sobrevivir los efectos de un medicamento que generalmente es efectivo contra la misma especie y etapa de infección (Sangster, 1999 citado por Zárate, 2012).

Como ya se ha mencionado, los tratamientos para prevenir y controlar la estrostrongilosis equina se basan en el uso de antiparasitarios (benzimidazoles, lactonas macrocíclicas y tetrahidropirimidinas), debido a que se encontró mediante su uso un efecto positivo generando una protección adecuada en los caballos y la confianza de los propietarios para su uso. Sin embargo, con el paso del tiempo se empezaron a observar fallas terapéuticas en muchos de estos medicamentos, debido a la aparición de resistencia en estos parásitos (Nielsen & Reinemeyer, 2018; Peregrine *et al.*, 2014).

Por esta razón en la actualidad es importante evaluar la resistencia antihelmíntica, si bien la resistencia a los medicamentos a menudo se considera una cuestión teórica en el diseño de programas de tratamiento rotacional, la mayoría de los dueños de caballos y veterinarios tiene poco conocimiento sobre la verdadera prevalencia de la resistencia antihelmíntica o el estado de resistencia en sus propiedades (Nielsen *et al.*, 2018).

Los factores de riesgo que predisponen la resistencia antihelmíntica pueden estar relacionadas al uso descontrolado de antiparasitario ya que se empiezan a realizar medicaciones continuas con el temor de que sus animales se infecten. Con estos programas se logró reducir significativamente la prevalencia de *S. vulgaris*, pero se generalizó la resistencia antihelmíntica a los benzimidazoles en los pequeños estróngilos (Tydén *et al.*, 2019).

Otros factores de riesgos que podrían estar relacionados con la aparición de resistencia antihelmíntica, son la temperatura y peso del animal que pueden estar relacionados con tasas bajas de eficacia. Es un dato importante ya que al estar relacionado con tasa bajas de eficacia puede esta información ser útil para diseñar estrategias sostenibles de control de parásitos en el futuro (Eysker *et al.*, 1986; Nielsen & Reinemeyer, 2018).

3.5.2.1 Resistencia a benzimidazoles

La resistencia antihelmíntica de pequeños estróngilos a los benzimidazoles es alta mientras que en grandes estróngilos se menciona un nivel baja o nula. Se encontrado alta resistencia antihelmíntica en pequeños estrongilos en 90 % de los países europeos y zonas este de EE UU (Nielsen & Reinemeyer, 2018).

Este fenómeno se empezó a reportar desde la década de 1960, a consecuencia de los programas frecuentes de desparasitación para control de grandes estróngilos (Peregrine *et al.*, 2014). La resistencia antihelmíntica en estrongilos a fenbendazol y oxibendazol está ampliamente documentada en todo el mundo, con prevalencias que van del 10 al 98% entre granjas de caballos (Eysker *et al.*, 1989; Kaplan *et al.*, 2004; Kuzmina y Kharchenko, 2008; Traversa *et al.*, 2007 citado por Zárata, 2012).

Sin embargo, en un último estudio que probó albendazol, fenbendazol, mebendazol y Tiabendazol en un grupo de caballos, se observó que fenbendazol presentaba alta eficacia en la prueba de reducción de nuevos fecales mediante eclosión invitro. Este trabajo también realizó un ensayo de eclosión de huevos confirmando una buena eficacia del fenbendazol a diferencia del albendazol y mebendazol con una menor eficacia y siendo para el caso del Tiabendazol nula (Catana *et al.*, 2016; Peregrine *et al.*, 2014).

Por esta razón al encontrarse muchos casos de fallas terapéuticas con benzimidazoles, estas drogas no deberían ser recomendadas para el control de pequeños estrongilos a menos que se realicen controles post tratamiento para evaluar su eficacia (Anziani & Ardusso, 2016).

3.5.2.2 Resistencia a Tetrahidropirimidinas.

La resistencia antihelmíntica a tetrahidropirimidinas es común a diferencia de grandes estróngilos que presenta niveles bajos (Nielsen, 2018) Se han informado de

ciatostómidos resistentes a pirantel en todo el sureste de los Estados Unidos, en Noruega y Dinamarca, así como niveles moderados de resistencia antihelmíntica de estrongilos en caballos en Italia, Reino Unido y Alemania (Traversa *et al.*, 2009 citado por Zárata, 2012; Peregrine *et al.*, 2014).

3.5.2.3 Resistencia a lactonas macrocíclicas (ML)

La resistencia a ML en los ciatostómidos aún no está extendida como en el caso de los otros grupos farmacológicos, tal como lo demuestran varios informes con altos niveles de eficacia (> 99%) para ivermectina y moxidectina en rebaños de caballos de todo el mundo (Peregrine *et al.*, 2014; Caffè *et al.*, 2018; Pillina, 2015). Sin embargo, en la actualidad se está empezando a detectar señales tempranas de resistencia en pequeños estróngilos (Nielsen *et al.*, 2018).

El primer caso oficial de resistencia a lactonas macrocíclicas en ciatostómidos fue reportado en un grupo de burros en Reino Unido, los cuales después de ser tratado con moxidectina, mostraron números altos de parásitos a las 8 semanas. Posteriormente en Chile poblaciones de equinos que presentaban alta prevalencia de pequeños estróngilos tuvieron resistencia antihelmíntica a ivermectina (Prada, 2002 citado por Prada & Romero, 2014). Caso similar en Brasil donde se identificó una falla terapéutica con moxidectina e ivermectina (Molento *et al.*, 2008 citado por Zárata, 2012).

Algunos programas de control de parásitos incluyen tratamientos cada 6–8 semanas (Drudge & Lyons, 1966 citado por De Nieuwerkerken, 2017). Otros utilizan el tratamiento farmacológico en momentos estratégicos, como en la primavera o el otoño, cuando los parásitos suelen estar presentes en mayor número (Reinemeyer, 1986 citado por Nielsen *et al.*, 2007).

3.5.2.4 Métodos de detección de resistencia antihelmíntica

La detección de resistencia antihelmíntica en nematodos es en la actualidad de suma importancia, ya que puede indicarnos el fracaso del tratamiento y orientarnos al control óptimo del parásito, permitiendo diseñar e implementar medidas apropiadas para extender la eficacia del fármaco (Zárate, 2012).

La detección de resistencia antihelmíntica se puede realizar mediante cuatro métodos principales (Zárate, 2012):

- Prueba de eficacia controlada
- Prueba de reducción del recuento de huevos fecales (FECRT),
- Bioensayos *in vitro* o las llamadas pruebas fenotípicas
- Pruebas moleculares

La prueba de eficacia controlada es un método confiable para determinar la eficacia de los antihelmínticos en caballos, donde se utilizan animales infectados, Los animales parasitados seleccionados aleatoriamente en grupos de control, tratados y no tratados siendo recomendable grupos de 6 a 10 animales. Donde después de 2 a 6 semanas en las que se está considerando la efectividad contra los estadios inmaduros, los animales son necropsiados y los parásitos recuperados, identificados y contados, donde se determina la eficacia del tratamiento farmacológico comparando el número de parásitos en los controles con el número que queda en los animales tratados. (Duncan *et al.*, 2002).

Las principales desventajas son el costo y además no es práctico para el monitoreo de rutina de la resistencia debido a que requiere la necropsia de los caballos. (Zárate, 2012).

En una prueba de reducción del recuento de huevos fecales (FECRT) se seleccionan animales infectados de forma natural para que la prueba proporcione una estimación de la eficacia antihelmíntica al comparar la reducción del recuento de huevos fecales pre y post tratamiento, el recuento de un grupo no tratado nos brindará una medida de cambio que puede ocurrir durante el periodo de prueba. Para realizar el recuento de huevos fecales se utilizará el método Mc Master modificado. El recuento de los huevos fecales de menos de 200 epg (eggs per gram) sugiere una carga leve de parásitos mientras que si encontramos 500 a 100 epg es alto y están presentando problemas con la desparasitación en su frecuencia o falta de uso (Dunca *et al.*, 2002). La FECRT solo funcionará adecuadamente si se cumplen los criterios donde deben tener por lo menos 2000 Epg de estróngilos (Nielsen *et al.*, 2018).

Este método no detecta las primeras etapas de resistencia, sino solo altos niveles de resistencia y está muy influenciado por las características biológicas del parásito, como la fecundidad. Una de las limitaciones de los datos generados por el FECRT es la dificultad para abordar la alta variabilidad producida por varios factores, incluida la variabilidad individual entre diferentes rebaños y la distribución desigual en las cargas de parásitos, a pesar de ello es la prueba estándar de oro para los nematodos equinos. (Zárate, 2012).

La prueba de eclosión *in vitro* es una técnica de bioensayo que mide los efectos *in vitro* de los medicamentos en las etapas de parásitos de vida libre, su capacidad para inhibir el embrión y la eclosión de los huevos de nematodos, esta prueba solo funciona para nematodos que tiene una rápida eclosión. Sirve para evaluar la eficacia de los fármacos y determinar la resistencia antihelmíntica contra los gusanos adultos y larvas en los equinos. Para evaluar grandes estróngilos y ciatostómidos la edad de los equinos

deben ser mayores de un año para probar la eficacia del fármaco (Coles *et al.*, 1992; Dunca *et al.*, 2002).

Por último las pruebas moleculares se basan en la detección y análisis de marcadores moleculares específicos de resistencia, se ha mostrado que son muy sensibles y más rápidas que otros métodos. La dificultad de realizar esta prueba es que se requiere un amplio conocimiento y una caracterización de las bases moleculares de la resistencia en aislamiento del campo y este campo es poco conocido en casi todas las principales clases de fármacos, con la única excepción de Benzimidazoles. Por esta razón tales pruebas solo se han utilizado en encuestas epidemiológicas (Von samson, 2006).

3.6 Métodos de control

La aplicación de antihelmínticos es actualmente el método más efectivo y práctico para el control de la estrogilosis equina (Anziani & Arduoso, 2016). Sin embargo existen otros métodos que lo acompañan para poder mejorar su control frente a los estrogilos.

El manejo de las pasturas es una medida de control importante debido a que la higiene de los pastos es el siguiente mejor paso para reducir la carga de parasitaria. El empleo de pastoreo rotativo es el tratamiento no químico más utilizadas donde se deben mover caballos de una pequeña parcela del pasto a otra, dejándolos en cada área por un corto tiempo esto ayuda a frustrar la transmisión, debido a que evitamos el sobre pastoreo. Se menciona que deben ser reubicados diariamente, a veces incluso dos o tres veces al día (Smith Thomas, 2014).

El manejo de las excretas es otra medida que se recomienda, recoger el estiércol dos veces por semana, y aún más frecuentemente si el pasto está húmedo (por lluvia o riego) (Smith Thomas, 2014).

“Debemos recordar que el objetivo de los programas de control actuales no debería dirigirse a la eliminación total de los nematodos, pero sí a reducir su transmisión y mantener las cargas parasitarias por debajo de niveles que potencialmente afecten la salud y productividad” (Zárate, 2012).

4. Conclusiones:

- Los ciatostómidos presenta una alta prevalencia a diferencia de los grandes estróngilos que en la actualidad presentan una prevalencia significativamente más baja.
- La principal medida de control para la estrostrongilosis equina es el uso de fármacos antihelmínticos siendo los benzimidazoles, tetrahidropirimidas y lactonas macrocíclicas los más utilizados.
- Los ciatostómidos presentan alta resistencia a los benzimidazoles y tetrahidropirimidinas mientras que en lactonas macrocíclicas siguen siendo la primera elección para su tratamiento.

5. Bibliografía

- Anziani, O & Arduoso, G. (2016). Resistencia a los antihelmínticos en nematodos intestinales que parasitan a los equinos en la Argentina. Universidad Católica de Cordoba. Argentina Recuperado en : <http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/revisiones/anziani-a-castellano-6.pdf>

- Bassan, L., Almeida, M., Souza, M., Queiroz, F., & Fontini, J. (2008) *Estrongilose: revisão de literatura: Revista científica eletrônica de medicina veterinária* – issn: 1679-7353. Ano VI – Número 11.
- Brianti, E., Giannetto, S., Traversa, D., Chirgwin, S.R., Shakya, K., & Klei, T. (2009). In vitro development of cyathostomin larvae from the third stage larvae to the fourth stage: morphologic characterization, effects of refrigeration, and species-specific patterns. *Veterinary Parasitology* 163, 348356.
- Catana, L., Catana, R., & Cernea, M. (2016). Benzimidazoles Pharmacodynamics in equine strongyles. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj- Napoca- Romania.
- Caffè, G., Paz, B., Cerutti, J., & Cooper, L (2018). Resistencia antihelmíntica en equinos. Observaciones sobre el periodo de reaparición de huevos luego del tratamiento con ivermectina en potrancas y yeguas madres. Universidad católica de Córdoba, Argentina. *Revista FAVE – Sección Ciencias Veterinarias* 17 (40 – 44).
- Coles, G.C., Bauer, C., Borgsteede F.H., Geerts S., Kie, M., & Taylor ,M.(1992) World Association for the advancement of veterinary parasitology método for the detection of anthelminintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 35-44 35 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Chaparro, J., Ramirez, N., Piedrahita, D., Strauch, A., & Sanchez, A. (2016). Prevalencia de parásitos gastrointestinales en equinos y factores de riesgo asociados en varias zonas de Antioquia Colombia. Universidad de Antioquia Colombia. Recuperado en : <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3214/321457137002/html/index.html>

- Davalos M, Galarza E. (2016) Parasitismo gastrointestinal en equinos pura sangre en Chincha, Ica- Peru. Brazilian Journal of health review .doi : 10.34119/bjhrv2n4-073
- De Nieukerken, E. (2017). Determinación del espectro y la efectividad antiparasitaria de pamoato de pirantel frente al mebendazol para cestodos y nematodos gastrointestinales, en equinos de la zona de Lasso. Ecuador.UDLA
- Duncan, J., Abbott, E., Arundel, J., Kleia, T., & Krecek, C. (2002) World association for the advancement of veterinary parasitology (WAAVP): second edition of guidelines for evaluating the efficacy of equine anthelmintics. Veterinary Parasitology 103 2002) 1–18
- Eysker, M., Boersema, J., & Kooyman, F. (1990) Seasonally inhibited development of cyathostomine nematodes in shetland ponies in The Netherlands. Veterinary Parasitology 36, 259-264.
- Eysker, M., Jansen, J., & Mirck, M. H. (1986). Control of strongylosis in horses by alternate grazing of horses and sheep and some other aspects of the epidemiology of strongylidae infections. Veterinary Parasitology, 19(1-2), 103–115. doi:10.1016/0304-4017(86)90037-3
- Gibbons, L., Jacobs, D., Fox, M., & Hansen, J. (2011). Guía RVC/FAO para el diagnóstico parasitológico veterinario. Examen fecal para la determinación de helmintos parásitos. Recuperado en : http://www.rvc.ac.uk/Review/Parasitology_Spanish/Index/Index.htm
- Kaplan, R. (2002). Anthelmintic resistance in nematodes of horses. Veterinary Research, 33(5), 491–507. doi:10.1051/vetres:2002035
- Kaur, S., Singh, E., *et al.* (2019). Strongylosis in equine: An overview .Journal of entomology and zoology studies Jezs. India. Recuperado en :

<http://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue5/PartA/7-4-328-662.pdf>

- Lyons, E. T., Tolliver, S. C., & Drudge, J. H. (1999). "Historical perspective of cyathostomes: prevalence, treatment and control programs". *Vet. Parasitol.* 85. doi: 10.1016/S0304-4017(99)00091-6
- Lyons, E. T., Bolin, D. C., Bryant, U. K., Cassone, L. M., Jackson, C. B., Janes, J. G & Scare, J. A. (2018). Postmortem examination (2016–2017) of weanling and older horses for the presence of select species of endoparasites: *Gasterophilus* spp., *Anoplocephala* spp. and *Strongylus* spp. in specific anatomical sites. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 13, 98–104. Disponible en : 10.1016/j.vprsr.2018.01.004
- Martínez, S. (2019). Uso de la técnica de mini flota en el diagnóstico y el control de parasitosis en caballos en la unidades militares fuerte militar “Manabí y grupo de caballería mecanizada “ Febres Cordero”. ESPE Universidad de las fuerzas armadas. Recuperado en : <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15821/1/T-ESPE-038556.pdf>
- Morariu, S., Mederle, N., Badea, C., Dărăbuș, G., Ferrari, N., & Genchi, C. (2016). The prevalence, abundance and distribution of cyathostomins (small stongyles) in horses from Western Romania. *Veterinary Parasitology*, 223, 205–209. doi:10.1016/j.vetpar.2016.04.021
- Mughini Gras, L., Usai, F., & Stancampiano, L. (2011). Strongylosis in horses slaughtered in Italy for meat production: Epidemiology, influence of the horse origin and evidence of parasite self-regulation. *Veterinary Parasitology*, 179(1-3), 167–174. doi:10.1016/j.vetpar.2011.02.024

- Nielsen M. & Reinemeyer, C (2018). Anthelmintic Resistance. (2018). *Handbook of Equine Parasite Control*, 99–109. doi: 10.1002/9781119382829.
- Nielsen M & Reinemeyer, C (2018) Biology and Life Cycles of Equine Parasites. *Biology and Life Cycles of Equine Parasites*. (2018). *Handbook of Equine Parasite Control*, 1–23. doi:10.1002/9781119382829.ch1
- Nielsen, M. K., Branan, M. A., Wiedenheft, A. M., Digianantonio, R., *et al* (2018). Anthelmintic efficacy against equine strongyles in the United States. *Veterinary Parasitology*, 259, 53–60. doi:10.1016/j.vetpar.2018.07.003
- Nielsen, M. K., Vidyashankar, A. N., Olsen, S. N., Monrad, J., & Thamsborg, S. M. (2012). *Strongylus vulgaris* associated with usage of selective therapy on Danish horse farms—Is it reemerging? *Veterinary Parasitology*, 189(2-4), 260–266. doi:10.1016/j.vetpar.2012.04.039
- Nielsen, M K, Vidyashankar, A N., & Andersen, U V.(2010). Effects of fecal collection and storage factor son strongylid egg counts in horses. *Vet parasitology*, 167.
- Nielsen, M.K., Kaplan, R.M., Thamsborg, S.M., Monrad, J., & Olsen, S.N. (2007). Climatic influences on development and survival of free-living stages of equine strongyles: Implications for worm control strategies and managing anthelmintic resistance. *The Veterinary Journal* 174, 23-32.
- *Parassitologia Veterinaria*. (2018). Mini-FLOTAC. *Veterinary Parasitology and Parasitic Diseases*. (University of Naples Federico II. Naples, Italy). Recuperado en : <http://www.parassitologia.unina.it/flotac/mini-flotac/>
- Peregrine, A., Molento, M., Kaplan, R., & Nielsen, M. (2014). Anthelmintic resistance in important parasites of horses: does it really matter? *Vet Parasitol* 201: 1-8. doi :10.1016/ j.vetpar.2014.01.004

- Pillina, A. (2015). Determinación de poblaciones de parásitos gastrointestinales y posible resistencia antihelmíntica frente a las lactonas macrocíclicas (ivermectina) en caballos criollo colombiano, en un criadero del Municipio de Tenjo, Cundinamarca. Universidad de la Salle.
- Prada, G & Romero, C. (2014) Determinación de los grados de resistencia que presenta los strongylus frente a las lactonas macrocíclicas según el test de análisis del desarrollo de larvas en equinos de las sabanas de Casanare. Revista médica Veterinaria Bogota N° 21 147-154. Recuperado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n21/n21a11.pdf>
- Tydén, E., Larsen Enemark, H., Andersson Franko, M., Höglund, J., & Osterman-Lind, E. (2019). Prevalence of Strongylus vulgaris in horses after ten years of prescription usage of anthelmintics in Sweden. Veterinary Parasitology: X. doi:10.1016/j.vpoa.2019.100013
- Sanchez, L. C. (2018). Disorders of the Gastrointestinal System. Equine Internal Medicine, 709–842. doi:10.1016/b978-0-323-44329-6.00012-7.
- Smith Thomas, H. (2014). Pasture management for parasite control. *The horse*. Recuperado en: <http://www.thehorse.com/articles/33480/pasturemanagement-for-parasite-control>
- Solís P, (2009). Evaluación de la excreción fecal y farmacocinética en plasma de dos macrolicos (Lactonas Macroclícas), después de la administración oral en caballos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tlaxiaco Coahuila.
- Von Samson (2006). Molecular diagnosis of anthelmintic resistance. Institute of Parasitology, University of Veterinary Medicine Hannover, Bünteweg 17, 30559 Hannover, Germany. Veterinary Parasitology 136 (2006) 99–107

- Zárate D. (2012). Optimization of a larval migration inhibition assay (lmia) for determining in vitro susceptibility of equine cyathostomins to macrocyclic lactone anthelmintics, and evaluation of variation inspecies-specific drug tolerance levels using a 454 large-scale parallel pyrosequencing system. The University of Georgia.