



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

---

---

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES

ADICIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN EL CONTROL DE  
NEMATODOS GASTROINTESTINALES Y PARÁMETROS  
PRODUCTIVOS EN OVINOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A

TOMÁS ESCOBAR ESPINOSA

ASESORES

DR. JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO  
DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

TUTORA ADJUNTA

DRA. VIRGINIA GUADALUPE GARCÍA RUBIO

Centro Universitario UAEM Amecameca, Estado de México. Mayo, 2025

## RESUMEN

En las zonas rurales de nuestro país, la ovinocultura está convirtiéndose en un sector pecuario dinámico de gran relevancia para los pequeños productores. Representa uno de los factores clave con que cuentan las comunidades de estas zonas para remediar los problemas asociados a la pobreza y seguridad alimentaria. Por desgracia este sector enfrenta una problemática común en la ovinocultura mundial: la creciente prevalencia de parasitosis causadas por nematodos gastrointestinales (NGI). Esta condición genera serias repercusiones productivas, económicas y sociales, especialmente por la creciente resistencia de los parásitos a los antihelmínticos comerciales. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de extractos de basidiomas y sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* sobre nematodos gastrointestinales del ovino. Para la obtención de huevos y larvas, en trabajo de campo fueron colectadas heces de 20 ovinos de un rebaño previamente diagnosticado del municipio de Ayapango, Estado de México. Confrontaciones en laboratorio por triplicado, para evaluar el efecto *in vitro* de cuatro concentraciones de basidiomas del hongo y el sustrato agotado (12, 2.25, 4.50 y 9%) usando como controles agua destilada (negativo) e ivermectina al 1% (positivo). Los tiempos de exposición en cada uno de los tratamientos fue de 72 h para los huevos y en las larvas de 24 y 48 h. El análisis estadístico de resultados mediante ANOVA. La máxima mortalidad promedio en la inhibición de eclosión de huevos, se observó en la concentración de 9%, con 78.3% para los hongos y 69.3%, para el sustrato agotado. Para las larvas, misma concentración (9%) a 48 h con promedios de 65.6 y 65.2%, respectivamente. El uso de *P. ostreatus* y sus sustratos agotados, representan una opción viable para reducir el uso de antihelmínticos comerciales, daños al ambiente e impulsar la ovinocultura sustentable.

**Palabras clave:** Efecto larvicida, Nematodos gastrointestinales, Ovinos, *Pleurotus ostreatus*, Resistencia antihelmíntica.

## ABSTRACT

In the rural areas of our country, sheep farming is becoming a dynamic livestock sector of great relevance for small producers. It represents one of the key factors that communities in these areas have to remedy the problems associated with poverty and food security. Unfortunately, this sector faces a common problem in global sheep farming: the increasing prevalence of parasitosis caused by gastrointestinal nematodes (GIN). This condition generates serious productive, economic and social repercussions, especially due to the growing resistance of parasites to commercial anthelmintics. The objective of this research was to evaluate the effect of basidioma extracts and spent substrate of *Pleurotus ostreatus* on sheep gastrointestinal nematodes. To obtain eggs and larvae, feces from 20 sheep from a previously diagnosed flock from the municipality of Ayapango, State of Mexico collected during fieldwork. Confrontations in the laboratory in triplicate, to evaluate the in vitro effect of four concentrations of basidiomas of the fungus and the exhausted substrate (12, 2.25, 4.50 and 9%) using distilled water (negative) and 1% Ivermectin (positive) as controls. The exposure times in each of the treatments were 72 h for the eggs and 24 and 48 h for the larvae. Statistical analysis of results using ANOVA. The maximum average mortality in the inhibition of egg hatching was observed at the concentration of 9%, with 78.3% for the fungi and 69.3% for the exhausted substrate. For larvae, same concentration (9%) at 48 h with averages of 65.6 and 65.2%, respectively. The use of *P. ostreatus* and its exhausted substrates represent a viable option to reduce the use of commercial anthelmintics, damage to the environment and promote sustainable sheep farming.

**Keywords:** Larvicidal effect, gastrointestinal nematodes, Sheep, *Pleurotus ostreatus*, Anthelmintic resistance.

# ÍNDICES

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. ANTECEDENTES .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1 Situación de la ovinocultura en México .....   | 4         |
| 2.2 Problemas sanitarios en la ovinocultura.....   | 5         |
| 2.3 Nematodos gastrointestinales .....   | 7         |
| 2.3.1 Complejos parasitarios .....   | 8         |
| 2.3.2 Ciclos parasitarios.....   | 10        |
| 2.4 Antihelmínticos usados en el control de parásitos .....  | 12        |
| 2.5 Fisiología digestiva de los rumiantes .....  | 16        |
| 2.6 Alternativas antihelmínticas: Control biológico .....  | 18        |
| 2.7 Uso de hongos comestibles ( <i>Pleurotus</i> spp.) en el control de<br>nematodos .....                         | 23        |
| 2.8 <i>Pleurotus ostreatus</i> en el control de <i>Haemonchus contortus</i> .....                                  | 25        |
| <b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>  | <b>29</b> |
| <b>4. HIPÓTESIS .....</b>  | <b>30</b> |
| <b>5. OBJETIVOS.....</b>   | <b>31</b> |
| 5.1 Objetivo General .....   | 31        |
| 5.2 Objetivos Específicos .....  | 31        |
| <b>6. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>   | <b>32</b> |
| 6.1 Tipo de investigación .....  | 32        |
| 6.2 Localización geográfica del área de estudio .....  | 32        |
| 6.3 Proceso metodológico.....  | 32        |
| 6.3.1 Obtención y procesamiento de basidiomas y sustrato agotado.....  | 32        |
| 6.3.2 Simulación <i>in vitro</i> de la digestión en el ambiente ruminal y<br>preparación de los tratamientos ..... | 33        |
| 6.3.3 Obtención de huevos de NGI.....  | 34        |
| 6.3.4 Obtención de larvas .....  | 35        |

|  |           |
|--|-----------|
| 6.3.5 Realización de bioensayos .....  | 35        |
| 6.3.5.1 Estimación de la inhibición de la eclosión de huevos<br>(IEH) de NGI ..... | 36        |
| 6.3.5.1 Estimación de la mortalidad de larvas de NGI .....                         | 36        |
| 6.3.6 Análisis estadístico .....   | 37        |
| <b>7. RESULTADOS.....</b>  | <b>38</b> |
| <b>8. DISCUSIÓN .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>9. CONCLUSIÓN .....</b>   | <b>45</b> |
| <b>10. REFERENCIAS.....</b>  | <b>46</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Especies de nematodos gastrointestinales identificadas en ovinos.....   | 9  |
| <b>Cuadro 2.</b> Antihelmínticos comerciales usados en ovinos: Benzimidazoles e Imidatiázoles .....  | 13 |
| <b>Cuadro 3.</b> Antihelmínticos comerciales usados en ovinos: Lactonas macrocíclicas, derivado del amino-acetonitrilo y Salicinalidas ..... | 14 |
| <b>Cuadro 4.</b> Investigaciones para evaluar la actividad nematicida de <i>Pleurotus</i> spp. ....  | 23 |

# 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es un sector importante en la economía de México. En 2022, aportó 1,060,882 millones de pesos al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (Statista, 2024). En ese año, el total de cabezas de ganado ascendió a 109,535,636, incluyendo bovinos, caprinos, ovinos y porcinos, los cuales se destinaron en su mayoría para el consumo de carne, leche o sus derivados. De estas especies ganaderas, la producción de ovinos se está incrementando en el país. Entre 2013 y 2022, el número de cabezas se incrementó en 3,63% al pasar de 8,497,347 a 8,805,206 (SIAP, 2022).

El aumento en la producción se ve reflejada en las contribuciones al inventario mundial, aunque el número de cabezas no es equiparable con el alcanzado por otros países. En 2014, cuando la producción mundial de cabezas de ovinos fue de 1,209 millones, México sólo aportó el 0.71% con un total de 8,575,908 cabezas (Hernández-Marín et al., 2017). Para 2020, el inventario ovino mundial reportó 126'613,454 cabezas ovinas. Cerca de la mitad se concentró en 14 países, siendo los mayores productores China (con el 13.67% del inventario mundial), India (5.38%) y Australia (5.2%). México contribuyó con el 2.51% de este inventario (FAOSTAT, 2022).

A pesar de las diferencias que pueden existir con los volúmenes de producción de otros países, lo cierto es que, en las zonas rurales de nuestro país, la ovinocultura se está convirtiendo en un sector pecuario dinámico de gran relevancia para los pequeños productores. En muchas poblaciones se identifica como factor clave para enfrentar los problemas asociados a la pobreza, tanto por la disponibilidad de alimento para el autoconsumo, como por los ingresos que generan por esta actividad (Chávez-Espinoza et al., 2022).

Si bien en México existen tres sistemas de producción ovina (intensivo, semi-intensivo y extensivo), el sistema extensivo es el más predominante, debido a las características socioculturales, disponibilidad de insumos y la tecnología disponible del país (Vázquez-Martínez et al., 2018). Se basa en el aprovechamiento de la vegetación nativa y en la utilización de los subproductos agrícolas, por lo que existen

variaciones en las diferentes regiones donde se realiza la producción. Además de las características climáticas que influyen en la crianza, el sistema comparte aspectos que representan desventajas, como la alimentación basada en forrajes de baja calidad, deficiencias en el consumo de vitaminas y minerales, el poco o nulo manejo sanitario que se asocia a una mortalidad elevada de corderos, alta consanguinidad y deficiencias en el manejo genético-reproductivo, problemas de salud y disminución de parámetros productivos que repercuten en la economía de las unidades de producción (Arteaga, 2012; Martínez-Peña et al., 2018; Pacheco y Jerónimo, 2023).

En particular, los problemas parasitarios causan potenciales pérdidas económicas en la producción pecuaria principalmente en rumiantes, debido a la disminución de los parámetros productivos de estas especies (Rodríguez-Vivas et al., 2017a). En los pequeños rumiantes existe gran variedad de parásitos gastrointestinales de importancia económica como lo es *Haemonchus contortus*. Es un nematodo hematófago de alta fecundidad y patogenicidad, con una elevada tasa de establecimiento de las larvas ingeridas que ha mostrado tener una gran capacidad adaptativa, intervalos generacionales reducidos y una resistencia múltiple a los antihelmínticos, lo que determina su alta prevalencia a nivel mundial. 8.9 Debido a estas características, los efectos sobre los ovinos son diversos, entre otros, alteración en el metabolismo de las proteínas, deficiencia en la absorción de nutrientes, baja digestibilidad producto de la reducción de enzimas intestinales disponibles, lo que causa un bajo desarrollo del animal, disminución de la conversión alimenticia, anemia, debilidad e inclusive la muerte (Emery et al., 2016; Pineda-Alegría et al., 2020; Solís-Carrasco et al., 2021), incrementando los costos de producción, ya sea por servicios veterinarios y tratamientos químicos que a final no cumplen su cometido por resistencia o multi-resistencia antihelmíntica debido al uso desmedido y/o inadecuado de los mismos (Wang et al., 2006; Arsenopoulos et al., 2021).

Se han buscado alternativas que no generen un impacto negativo en el medio ambiente, y que disminuyan o no contribuyan a la resistencia antihelmíntica, tales opciones incluyen desparasitaciones selectivas, manejo del silvopastoreo, nutrición

con dietas ricas en proteínas, uso de los metabolitos secundarios de plantas y hongos, principalmente (García et al., 2016; Rivero-Perez et al., 2019; Reyes-Guerrero et al., 2021).

Los hongos comestibles se presentan como una alternativa sustentable ya que han sido una fuente tradicional de alimento, y en muchos casos son consumidos por sus propiedades medicinales (Pineda-Alegría et al., 2017) las cualidades del género *Pleurotus* han llamado la atención debido a su potencial nutricional, un alto valor proteico similar a los productos de origen animal, el contenido de macro y micro minerales, aminoácidos esenciales (Aguilar-Pumahuilca et al., 2019) y metabolitos secundarios con propiedades antihelmínticas (Sánchez-Salgado et al., 2021).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de extractos de basidiomas y sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* sobre nematodos gastrointestinales del ovino.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Situación de la ovinocultura en México

En 2020, la producción ovina registró 3'167,710 millones de cabezas, con un valor estimado de 4'934,927 millones de pesos, una producción en pie de 125,491 toneladas y una producción de carne de 64,758.32 toneladas. A nivel estatal, la producción siempre ha estado liderada por el Estado de México. Para este mismo año registró 412,973 cabezas (13,04%), seguido por los estados de Hidalgo (10,25%) y Veracruz (9,09%). La carne ovina se consume en el país, principalmente como barbacoa (Mondragón-Ancelmo et al., 2018; SIACON, 2022).

En la relación producción-consumo, para 2020 en el país se tuvo un consumo *per cápita* de 0.5 kg, la producción de carne de ovinos fue de 64,758 toneladas y se requirieron de 68,282 toneladas para cubrir las necesidades, para lo cual se importaron 3,524 toneladas de carne (COMECARNE, 2021). Ante la necesidad de cubrir la demanda de carne, la importación de ovinos vivos o en carne se ha incrementado en los últimos años, especialmente a partir de la firma del Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos y Canadá (TLCAN), países en los que las formas en que se realiza la producción ovina presentan grandes diferencias tanto en estructura, capitalización, como tecnología, provocando que las unidades de producción nacionales sean desplazadas, por lo que existe una dependencia importante de las importaciones para satisfacer la demanda (Bobadilla-Soto et al., 2020).

Como actividad generadora de empleos, la ovinocultura destaca en el sector ganadero nacional, con cerca de 50,000 unidades de producción y un inventario de 8'766,678 cabezas para 2022. Aunado a ello, ventajas como ciclos reproductivos cortos, la gran adaptabilidad de la especie, el uso eficiente de pasturas, la disponibilidad de agostaderos y en particular, las importantes contribuciones a la economía de las familias rurales como medio para superar la pobreza, tanto por los ingresos complementarios que genera a los recursos familiares, como por los

productos de que pueden abastecerse, colocan a esta actividad como una de las más preponderante en el sector (Chávez-Espinosa et al., 2022; SIAP, 2022).

En el Estado de México, la mayor producción se asocia a la combinación de condiciones tales como orografía y clima desfavorables para el uso de otras actividades agropecuarias, pero favorables para los ovinos, la amplia distribución de agostaderos, el número de productores involucrados en la actividad (Díaz-Sánchez et al., 2018) y las características de alimentación de los ovinos, la cual se basa en el pastoreo a orilla de caminos vecinales y pastizales en zonas de conservación, hace que el principal sistema de producción sea el extensivo (Herrera et al., 2019).

A pesar de la adaptabilidad de los ovinos y la diversidad orográfica del país, uno de los principales factores limitantes es la baja eficiencia productiva. En 2020, de las 8'725,882 cabezas que integraban el inventario ovino nacional, con un volumen de 129,682.78 toneladas, la carne destinada para consumo fue de 64,758 toneladas (49.93%) (SIACON, 2022; SIAP, 2022). En gran medida ello se debe a que la tendencia es acrecentar los rebaños, reservar hembras como pie de cría y, sobre todo, a que un número importante de animales no alcanzan el peso y condiciones para su venta en canal. Factores como la baja tecnificación, alta susceptibilidad a desarrollar enfermedades producidas por diferentes agentes etiológicos, la alta incidencia de parasitosis y la alimentación deficiente, entre otros, suelen ser determinantes (Bobadilla-Soto et al., 2017; Hernández-Martínez et al., 2013; Bobadilla-Soto et al., 2021).

## **2.2 Problemas sanitarios en la ovinocultura**

La vigilancia sanitaria de los rebaños es fundamental, pues de ello depende la rentabilidad de las unidades de producción ovina. La correcta prevención, control y tratamiento son medidas que favorecen la salud y bienestar de los animales, a la vez que reducen pérdidas económicas para los productores. La falta de medidas sanitarias adecuadas puede disminuir la productividad, aumentar los costos por los tratamientos, alimentación y manejo, así como generar regresiones en el

mejoramiento del rebaño, sobre todo cuando el proceso selectivo se ve interrumpido, así como aumentar los índices de morbilidad y mortalidad en el rebaño (López, 2008).

Debido a que un estado de salud óptimo es indispensable para que los ovinos expresen al máximo su potencial productivo, es que el manejo sanitario es un recurso indispensable en la crianza. En general, las afectaciones a la salud ovina, se vinculan a causas infecciosas producidas por diferentes agentes etiológicos que derivan en diversas enfermedades (enterotoxemia, carbunco, neumonía, mastitis, etc.), enfermedades metabólicas y parasitarias. Aunque se considera que el común denominador en los rebaños del país es el problema de la malnutrición (enfermedades metabólicas) con animales con una pobre condición corporal, o demasiado gordos, lo que afecta la fertilidad, prolificidad, el número de crías por parto y el desarrollo de enfermedades, que requieren del manejo sanitario de acuerdo a las necesidades específicas de cada categoría productiva (hembras de cría, sementales, corderos al destete, juveniles, etc.), el principal problema que se enfrenta es la alta incidencia de parasitosis (Tórtora, 2012; González y Tapia, 2017).

Con esto, es claro que en cada uno de los sistemas de producción existen diferentes problemáticas, una de ellas es la competencia de cereales cada vez más necesarios para la nutrición humana lo cual hace que aumenten los precios de los insumos (Chávez-Espinoza et al., 2022), la escasa disponibilidad de alimento especializado, el desconocimiento de enfermedades y la presente renuencia de los productores de no aceptar las tecnologías para mejorar la alimentación y por ende los parámetros productivos, provocando que los costos de producción se eleven (Espejel-García et al., 2015; Rodríguez et al., 2017).

La falta de asesoramiento por parte de médicos veterinarios, el manejo sanitario que mayoritariamente es de tipo curativo y el uso de un solo agente químico (ivermectina) para control de parásitos es una realidad frecuente en las unidades de producción (Herrera et al., 2019). Existe una relación entre los sistemas extensivos y los nematodos gastrointestinales (NGI), estos son una de las causas más importantes de la disminución de los parámetros productivos viéndose reflejado

en mermas de producción al tener que dar tratamiento para los mismos (Zapata et al., 2016), además el uso inadecuado de tratamientos químicos ha generado severa presión de selección en los nematodos de los pequeños rumiantes, provocando que exista resistencia no solo a una droga sino a varias generando mayor dificultad para controlar las nematodiasis (Anziani y Fiel, 2015).

### **2.3 Nematodos gastrointestinales**

Las endoparasitosis asociadas a nematodos gastrointestinales son una de las principales causas de baja productividad y pérdidas económicas en la ovinocultura de todo el mundo, estimadas en \$445.10 millones de dólares, lo que demuestra la magnitud e importancia del parasitismo en el ganado en México (Zapata et al., 2016; Rodríguez-Vivas et al., 2017b).

Las nematodiasis gastrointestinales suelen ser más frecuentes en ovinos en pastoreo y en donde las condiciones climatológicas y ambientales son las idóneas para que estos parásitos proliferen (Pérez-Bautista et al., 2021). Factores como el clima, temperatura, estacionalidad, sistemas de producción, edad y raza, permiten que en diferentes partes del mundo exista prevalencia de nematodos gastrointestinales, tal es el caso de *Haemonchus* spp, *Cooperia* spp, *Oesophagostomum* spp, *Trichostrongylus* spp, *Nematodirus* spp, *Teladorsagia* spp, *Bunostomum* spp, principalmente, los cuales se pueden encontrar de manera individual o acompañados inclusive de otros parásitos (Anziani y Fiel, 2015; Dugassa et al., 2018; Mphahlele et al., 2021). De estos, el de mayor relevancia en los ovinos es *Haemonchus contortus*, un parásito hematófago que se aloja en el abomaso, cada nematodo puede ingerir hasta 50µL de sangre al día, esta pérdida de sangre provoca anemia e hipoproteïnemia, reduciendo de forma significativa la correcta digestión y absorción de nutrientes, afectando de igual forma el metabolismo energético. Aunado a ello, el alto grado de adaptabilidad, y prolificidad de este parásito causa cuadros de diferente severidad, provocando disminución del apetito, pérdida de peso, debilidad, anemia, mucosas pálidas, emaciación, edema mandibular, entre otros signos, condiciones que favorecen el desarrollo de otras

enfermedades y pueden provocar la muerte del ovino (Selemon, 2018; López-Rodríguez et al., 2023).

En México, dadas las características antes mencionadas se tiene registro de prevalencia de *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Cooperia curtecei*, siendo los machos los de mayor carga parasitaria (López-Ruvalcaba et al., 2013). Los factores ambientales como la presencia de lluvias, tienen un impacto directo en la prevalencia de NGI, entre los cuales *H. contortus* es el más frecuente en época de lluvia (Ronquillo et al., 2021). La edad es otra particularidad que se ha reportado, siendo los ovinos de mayor edad los que presentan susceptibilidad a las infestaciones por larvas L<sub>3</sub> infectantes, lo cual podría deberse a que están en mayor contacto con las praderas donde se lleva a cabo la ingesta de larvas (Pérez-Bautista et al., 2021).

### **2.3.1 Complejos parasitarios**

A nivel mundial, las parasitosis provocadas por NGI en los ovinos, representan un problema sanitario que afecta a las diferentes etapas de desarrollo. En los corderos y juveniles merma su crecimiento y en los adultos afecta su productividad. La carga parasitaria puede alcanzar volúmenes significativos en distintos órganos, en especial, cuando existen complejos parasitarios en los que diferentes tipos de parásitos actúan de forma simultánea en el animal (López-Rodríguez et al., 2023).

En un estudio realizado con animales sacrificados en un rastro de Tabasco, se determinó que el 57.4% de los animales estaba parasitado y que la carga parasitaria de nematodos en el tracto digestivo de ovinos era significativa. En el abomaso, la prevalencia de *H. contortus* fue de 37.2% y de *Trichostrongylus axei* de 4.1%. En el intestino delgado, se identificaron 5 especies de nematodos con prevalencias diferenciadas: *Cooperia curticei* (36%), *Trichostrongylus colubriformis* (25.2%), *Strongyloides papillosus* (3.3%), *Ostertagia ostertagi* (0.83%) y *Bunostomum trigonocephalum* (0.8%). En tanto que, en el intestino grueso, se identificó la presencia de *Oesophagostomum columbianum* (11%) y *Trichuris ovis* (0.41%) (González et al., 2011). Los complejos parasitarios de NGI en los ovinos

han sido identificados, respecto al órgano blanco sobre el que actúan, en el Cuadro 1, se muestra la distribución de especies en las distintas porciones del tracto digestivo de los ovinos.

**Cuadro 1.** Especies de nematodos gastrointestinales identificadas en ovinos

| Espece   | PARASITOSIS/Porción                                       | Fuente  |
|--|---|---|
| <i>Haemonchus contortus</i><br><i>Haemonchus similis</i>   | HEMONCOSIS<br>Abomaso                                     | Cepeda, 2017; López-Rodríguez et al., 2023                            |
| <i>Teladorsagia circumcincta</i><br><i>Teladorsagia ostertagi</i><br><i>Teladorsagia pinatta</i>   | OSTERGIASIS<br>Abomaso                                    | Martínez, 2006; Munguía, 2018.  |
| <i>Trichostongylus axei</i>  | TRICOSTRONGILIASIS<br>Abomaso                             | Rodríguez et al., 2010  |
| <i>Nematodirus spathiger</i><br><i>Nematodirus oiratianus</i><br><i>Nematodirus abnormalis</i><br><i>Nematodirus filicollis</i><br><i>Nematodirus battus</i><br><i>Nematodirus helvetianus</i>   | NEMATODIROSIS<br>Intestino delgado                        | Rodríguez-Vivas et al., 2017b;<br>Ninamancco et al, 2021              |
| <i>Trichostongylus colubriformis</i><br><i>Trichostongylus vitrinus</i><br><i>Cooperia curticei</i><br><i>Cooperia surnabada</i><br><i>Nematodirus battus</i> ,<br><i>Nematodirus spathiger</i><br><i>Nematodirus helvetianus</i><br><i>Nematodirus filicollis</i> | TRICOSTRONGILIDIOSIS<br>INTESTINALES<br>Intestino delgado | González-Garduño et al., 2014; Traversa-Tejero y Gonçaves-Lopes, 2017 |
| <i>Strongyloides papillosus</i>  | ESTRONGILOIDIASIS<br>Intestino delgado                    | Pearson, 2020   |
| <i>Bunostomum trigonocephallum</i>   | BUNOSTOMIASIS<br>Intestino delgado                        | Demeler et al., 2012; Wang et al., 2012                               |
| <i>Trichuris ovis</i>  | TRICURIOSIS<br>Intestino grueso                           | Oliveros y Cutillas, 2003;<br>Morales et al., 2006                    |
| <i>Oesophagostomum columbianum</i>   | OESOFAGOSTOMIASIS<br>Intestino grueso                     | Olivares, 2002  |
| <i>Skrjabinema ovis</i>  | SKRJABINEMIOSIS<br>Intestino grueso                       | Melnychus & Reshetylo, 2020;<br>Junquera, 2021                        |
| <i>Chabertia ovina</i>   | CHABERTIOSIS<br>Intestino grueso                          | Cepeda et al., 2021   |

### 2.3.2 Ciclos parasitarios

Los ciclos de vida de los nematodos que afectan a los ovinos son de tipo monoxeno, es decir, que no existen hospederos intermediarios. Suelen variar en su duración (ciclos cortos o largos) y generalmente son ciclos directos. Existen variantes respecto al desarrollo de las larvas infectantes, dependiendo de la especie de la que se trate. El ciclo de *Haemonchus* spp, se inicia cuando los ovinos consumen pastos o forrajes infestados con los huevecillos del parásito. Al eclosionar los huevos, la larva (L1) se desarrolla hasta la L3 (fase infectante), que se aloja en el abomaso donde se alimenta de la sangre de los vasos sanguíneos de esta porción del tracto digestivo, para continuar hasta la L5. Sus hábitos hematófagos generan serios daños, los que se agudizan por la liberación de anticoagulantes que generan abundantes hemorragias. No sólo se afecta el metabolismo energético, sino la digestión y la absorción de nutrientes lo que debilita progresivamente al animal, además de la hipoalbumemia, los animales parasitados presentan pérdida de peso, anemia, mucosas pálidas, edema submandibular y emaciación, por lo que la muerte corre de forma súbita en los casos agudos (Cepeda, 2017; López-Rodríguez et al., 2023).

En el caso de *Teladorsagia*, los ovinos consumen las L3 depositadas en los pastos en los que pueden permanecer durante mucho tiempo. En condiciones ambientales adversas, entran en hipobiosis, un estado de vida latente en el que permanecen hasta que las condiciones sean favorables para su desarrollo. Dentro del ovino mudan a la L4 que penetra el intestino en el que forman nódulos, produciendo hinchazón a nivel de la mucosa (Munguía, 2018).

En las nematodiosis causadas por *Nematodirus* spp a diferencia de otros NGI, la L3 se desarrolla dentro del huevo, de donde eclosiona para ubicarse en el intestino delgado. Aunque no tienen hábitos hematófagos el daño que provoca es de tipo mecánico al fijarse en la mucosa del intestino, erosionándola y generando perforaciones, lo que provoca hemorragias, afectando la absorción de nutrientes, y causando anorexia, en detrimento de la eficiencia productiva (Rodríguez-Vivas et al., 2017b; Ninamancco et al., 2021).

En el caso de *Trichostrongylus* spp y *Cooperia* spp, una vez que los huevecillos son excretados en las heces, el desarrollo se realiza en el exterior hasta alcanzar la L3. Una vez ingeridas, se ubican en el intestino delgado, atrofiando las microvellosidades e interfiriendo con la correcta absorción de nutrientes (González-Garduño et al., 2014; Traversa-Tejero y Gonçalves-Lopes., 2017). Por su parte, el ciclo de *Strongyloides papillosus* se distingue del de otros parásitos intestinales en que una vez que las hembras se ubican en el intestino, producen huevos partenogénicos que inician su desarrollo dentro del ovino. Una vez que las heces quedan depositadas en el suelo el huevo eclosiona directo a L3 ingresando al ovino por vía cutánea, en el agua, o alimentos contaminados. Vía sanguínea llegan a los pulmones, para migrar hacia la tráquea y faringe hasta alcanzar el intestino delgado, donde dañan el epitelio provocando diarrea sanguinolenta, enteritis, anorexia y en muchos casos, la muerte del animal (Pearson, 2020).

Otra variante se presenta en *Trichuris ovis*, donde los huevos no-embrionados deben permanecer al menos por dos semanas en el ambiente para embrionarse. Cuando éstos son consumidos junto con las hierbas, pastos o forrajes inician su ciclo infectivo en las criptas del intestino delgado, para alojarse finalmente en el intestino grueso, donde provocan hemorragias por la descamación del epitelio. Las larvas son histiófagas, mientras que los adultos hematófagos, por lo que el daño suele ser profuso (Oliveros y Cutillas, 2003; Morales et al., 2006).

En el caso de *Oesophagostomum columbianum*, las L3 se encuentran depositadas en el pasto, principalmente en la época de lluvias donde las condiciones son favorables para el desarrollo del parásito. Actúan en el área limítrofe entre el intestino delgado y el grueso, formando nódulos e interfiriendo con la fisiología intestinal normal, afectan principalmente la absorción de líquidos. El desarrollo se completa en el intestino grueso, causando cuadros diarreicos que van de leves a agudos, los ovinos mueren por emaciación o deshidratación (Olivares, 2002).

Para *Skrjabinema ovis*, el ciclo se inicia con la ovisposición en la zona perianal del hospedero desde donde caen los huevos a la vegetación o pasturas y

son consumidos por otros ovinos. Una vez ingeridos, las larvas eclosionan en el intestino delgado, para migrar al intestino grueso. Su contribución más importante es la obturación intestinal, al actuar de forma mixta con otros parásitos, induciendo procesos inflamatorios en el intestino (Melnychus & Reshetylo, 2020; Junquera, 2021).

Finalmente, en *Chabertia ovina* los huevos son desechados al ambiente en las heces, donde pueden permanecer por largos periodos (entre 3 y 9 meses). En el ambiente, se desarrollan los estadios larvales L1 a L3, contaminando pastos y forrajes. Una vez ingeridas las L3 junto con el alimento contaminado, se fijan en el intestino delgado hasta alcanzar la L4, que migra hacia el intestino grueso para reproducirse. Al ser esencialmente histófagas producen daños en el tejido y mucosa, promoviendo el desarrollo de nódulos. Además de procesos inflamatorios, se producen grandes cantidades de mucosidad, derivando en diarrea, tenesmo, anemia, anorexia, debilidad, desarrollo de un estado caquético, y muerte del animal (Cepeda et al., 2021).

#### **2.4 Antihelmínticos usados en el control de parásitos**

La utilización de productos químicos representa la práctica más frecuente para el control de las helmintiasis incluidos los nematodos gastrointestinales; sin embargo, existe un número limitado de medicamentos disponibles en el mercado. Las cuatro clases principales de antihelmínticos utilizados como tratamientos son los benzimidazoles (mebendazol, albendazol, fenbendazol y flubendazol), imidatiазoles (imidazol, levamisol, tetramisol), lactonas macrocíclicas (ivermectina y moxidectina) y el derivado de amino-acetonitrilo monepantel. Otros grupos de antihelmínticos, de uso reducido son las tetrahidropirimidinas (orantel, pirantel) y salicinanilidas (closantel, oxiclosanida, rafozanida y niclosnida) (Toro et al., 2014; Zajíčková et al., 2020). En los Cuadros 2 y 3, se presenta la acción antihelmíntica de algunos fármacos comerciales.

**Cuadro 2. Antihelmínticos comerciales usados en ovinos: Benzimidazoles e Imidatiazoles**

| ANTIHELMÍNTICO        | NOMBRE IUPAC/ACCIÓN  |
|-----------------------|--|
| <b>BENZIMIDAZOLES</b> |  |
| Mebendazol            | <p>IUPAC: 5-Benzoil-2-benzimidazolcarbámico ácido metil éster</p> <p>Ovicida para <i>Trichuris</i>, larvicida y vermícida. Actúa a nivel de los microtúbulos provocando la acumulación de secreciones celulares en el aparato de Golgi de los parásitos, altera la secreción de acetilcolinesterasa e inhibe de forma irreversible la incorporación de glucosa exógena, lo que produce inmovilidad y muerte (Rodríguez, 2013).</p> |
| Albendazol            | <p>IUPAC: N-[6-(propilsulfonil)-1Hbenzimidazol-2-il]-, metil éster</p> <p>Ovicida, larvicida y vermícida. Inhibe la polimerización de la tubulina, causando la interrupción brusca del metabolismo del parásito, causando su inmovilización y muerte (Rodríguez y Obrador, 2013)</p>   |
| Fenbendazol           | <p>IUPAC: Metil 5-(feniltio)-2-benzimidazolcarbámico</p> <p>Larvicida y vermícida. Interviene con el metabolismo energético del parásito, inhibiendo la polimerización de los microtúbulos a través del bloqueo de la fumarato-reductasa lo que bloquea el ingreso de glucosa, y el metabolismo productor de energía, el nematodo se inmoviliza y muere (Bennet &amp; Bryant, 1984; Toro et al., 2014).</p>                        |
| Flubendazol           | <p>IUPAC: N-[6-(4-fluorobenzoil) -1H-benzimidazol-2-il] carbámico de metilo.</p> <p>Genera afectación en los microtúbulos de las células de absorción, causando su degeneración. El nematodo ve interrumpidos los procesos metabólicos energéticos (Rodríguez y Obrador, 2013).</p>  |
| <b>IMIDATIAZOLES</b>  |  |
| Imidazol              | <p>IUPAC: 3-(1H-imidazol-1-il)-5-(trifluorometil)anilina.</p> <p>Larvicida, vermícida. Actúa inhibiendo la 14-<math>\alpha</math>-demetilasa, indispensable para la conversión de lanosterol a ergosterol, causando pérdida de organelos intracelulares y de permeabilidad en la membrana (Toro et al., 2014).</p>   |
| Levamisol             | <p>(S)-6-fenil-2,3,5,6-tetrahidroimidazo[2,1-b] [1,3]tiazol</p> <p>Larvicida y vermícida. Absorción a través de la cutícula. Agonista colinérgico que promueve la liberación de acetilcolina, generando efectos nicotínicos y muscarínicos que derivan en la parálisis espástica del parásito (Márquez, 2003).</p>   |

**Cuadro 3.** Antihelmínticos comerciales usados en ovinos: Lactonas macrocíclicas, derivado del amino-acetonitrilo y Salicilánidas

| <b>LACTONAS MACROCÍCLICAS</b>          |  |
|--|--|
| Ivermectina                            | IUPAC: 22,23-dihydroavermectin B1a + 22,23-dihydroavermectin B1b<br><br>Reduce los niveles de excreción de huevos en las heces, larvicida y vermícida. Inhibidor del GABA (ácido $\gamma$ -aminobutírico) afectando a las neuronas motoras y provocando parálisis flácida al parásito. Alta eficacia a dosis muy bajas, contra varios NGI (Toro et al., 2014 Pérez-Cogollo et al., 2018)               |
| Moxidectina                            | IUPAC: 1,3-Dimetilbut-1-enil]-20,20b-dihidroxi-4'-(metoxiimino)<br><br>Promueve la formación de huevos anormales y esterilidad en adultos. Incremento en la liberación de GABA, lo que hiperpolariza el potencial de reposo de las células postsinápticas, dificultando la neurotransmisión, impidiendo la motilidad y causando la muerte de los parásitos (Aguilar-Tipacamú y Rodríguez-Vivas, 2002). |
| <b>DERIVADO DE AMINO-ACETONITRILLO</b> |  |
| Monepantel                             | IUPAC: N-[(2S)-2-ciano-1-[5-ciano-2-(trifluorometil) fenoxi] propan-2-il]-4-(trifluorometilsulfanil)benzamida<br><br>Larvicida y vermícida de amplio espectro. Actúa sobre la subunidad Hco-MPTL-1 del receptor nicotínico de la acetilcolina específica de los nematodos, inhibiendo la movilidad y procesos metabólicos energéticos del parásito (Márquez, 2003).                                    |
| <b>SALICILANILIDAS</b>                 |  |
| Closantel                              | Compuesto de vida media, con un periodo de eliminación largo (15 días en ovejas) por su baja depuración metabólica y renal. Altamente eficaz contra <i>H. contortus</i> por su alta afinidad por las proteínas plasmáticas (Márquez, 2003).  |

Aunque durante mucho tiempo estos antihelmínticos fueron útiles para el control de parásitos, su uso indiscriminado e inadecuado dio lugar a una creciente resistencia por parte de los parásitos, lo que resulta en un problema que afecta a los rebaños en todo el mundo. En el caso particular de *H. contortus*, el desafío es aún mayor ya que este nematodo es el de mayor prevalencia y el que mayores estragos provoca en la salud de los ovinos, que mata a los animales en un período corto de tiempo en casos agudos y otras pérdidas económicas en estado crónico. Contra este parásito se han empleado diferentes tratamientos químicos como albendazol 5 mg/kg, fenbendazol 5 mg/kg, oxfendazol 5 mg/kg, levamisol 7.5 mg/kg,

ivermectina 0.2 mg/kg, moxidectina 0.2 mg/kg y closantel 10 mg/kg. Sin embargo, el parásito ha desarrollado la capacidad de resistencia múltiple, lo que vuelve más complejo su control (Selemon, 2018; Aduci et al., 2022).

A pesar de que los diferentes métodos de control no se orientan específicamente al control de *H. contortus*, lo cierto es que por la importancia de este parásito y la respuesta que ha tenido a los tratamientos químicos, ha sido tomado como referente para analizar la eficacia del control químico (Aduci et al., 2022). Los reportes de resistencia y multi-resistencia antihelmíntica han generado una creciente preocupación para mantener el control de los nematodos gastrointestinales como *H. contortus*, ya que su prevalencia y su fácil adaptabilidad a diferentes drogas han generado la pregunta de si el control químico sigue siendo viable (Bekalu et al., 2019; Claerebout et al., 2020; Hinney et al., 2020), por ello es que cada vez existen más estudios donde se sugiere la implementación de nuevas tendencias y la combinación de ellas para el control de *H. contortus* (Kuisseu et al., 2021; Reyes-Guerrero et al., 2021).

Lo que actualmente se busca, es lograr el control de las parasitosis para que los animales puedan tener una adecuada productividad, sin que los parásitos manifiesten resistencia antihelmíntica. Para tal efecto, se plantea el Manejo Integrado de las Parasitosis (MIP) que implica combinar y/o complementar el control químico, junto con otras estrategias no químicas, lo que supone considerar las características y condiciones específicas en que se desarrollan los rebaños, con el fin de atacar las diferentes fases del ciclo vital de los parásitos, buscando reducir al máximo el empleo de los antihelmínticos químicos (Salgado-Moreno et al., 2017).

El propósito no es eliminar totalmente a los parásitos en los ovinos, sino reducir de forma significativa el uso de los antihelmínticos convencionales, retardando la aparición de los parásitos en los rebaños. En general, se considera que estas estrategias de control, se orientan a tres aspectos fundamentales: 1) Fortalecer la respuesta de los ovinos ante los parásitos, 2) Eliminar las fuentes de contaminación ambiental para reducir de forma significativa las poblaciones de

parásitos y 3) disminuir el número de parásitos en los ovinos. Todo ello, de forma sustentable (Hoste & Torres-Acosta, 2011; Ortiz et al., 2022).

Las estrategias no-químicas, incluyen la rotación de potreros, mantener una higiene adecuada en éstos, proporcionar una alimentación adecuada a los animales, evitar el sobre-pastoreo, procurar el manejo adecuado de los pastos, mejorar la respuesta inmune de los ovinos, fortalecer la resiliencia y resistencia de los ovinos, a través de mejoras sustanciales en la calidad del alimento (incremento de las proporciones de proteínas), el uso de suplementos alimenticios o bloques multinutricionales, vacunación, aplicación del método FAMACHA (desparasitación selectiva), selección de animales con base en su resistencia genética, entre otros. Recientemente, se ha incorporado el control biológico, utilizando plantas, hongos nematófagos u hongos que por sus compuestos bioactivos, han mostrado una actividad contra los helmintos (García et al., 2016; Morales y Pino, 2016; Reyes-Guerrero et al., 2021).

## **2.5 Fisiología digestiva de los rumiantes**

Los ovinos pertenecen a los mamíferos rumiantes, ya que poseen un conducto gastrointestinal con cierto grado de especialización y variaciones anatómicas resultado de la evolución y la selección del alimento, de igual manera son considerados consumidores de gramíneas, forrajes y vegetales fibrosos que las enzimas digestivas son incapaces de degradar, pero mediante la fermentación realizada por microorganismos que viven en el rumen son aprovechados (Febres y Vergara-López, 2007).

Las ovejas tienen poca movilidad de los labios; sin embargo, la lengua es delgada y móvil, permitiéndole rodear el forraje para poder llevar el alimento al hocico, la saliva es rica en bicarbonatos y fosfatos, tiene un pH de 8.2, su función es regular el pH ruminal teniendo una producción de 10 litros al día promedio. La cualidad de consumir altas cantidades de forrajes y paredes celulares es consecuencia de tres compartimentos digestivos adicionales al estómago glandular o abomaso: al rumen, retículo y omaso. En su conjunto, constituyen entre el 8 y el

10% del peso del animal, abarcando alrededor del 75% de la cavidad abdominal. Respecto al volumen total, el tamaño de abomaso y los compartimentos es diferenciado, alrededor del 84% corresponde al rumen y el retículo, el 12% al abomaso y sólo el 4% al estómago verdadero. El sistema de pre-estómagos de las ovejas es muy voluminoso ocupando toda la mitad izquierda de la cavidad abdominal, esto da un tiempo de permanencia de las partículas de alimento muy prolongado, y por lo tanto una digestión microbiana eficaz de los componentes estructurales vegetales. La motilidad a través de contracciones de los compartimentos pregástricos permite una intensa mezcla de la ingesta, la eliminación de los gases del rumen y un avance regulado de la ingesta desde el retículo-rumen (18-72hrs) hacia el omaso las partículas que pasan a través del orificio retículo-omasal tiene una talla inferior a 1-2 mm, el tiempo de permanencia de la ingesta en el omaso es de 0.5-3 horas, es aquí donde se lleva la mayor absorción de agua (15 a 25 litros al día), en el abomaso el periodo medio de permanencia de la ingesta es inferior a 1 hora (von Englehardt y Breves, 2005).

Desde el punto de vista fisiológico y del metabolismo energético, cada una de las regiones cumple un papel fundamental para garantizar el bienestar del animal. En el abomaso (estómago verdadero) se secretan enzimas hidrolasas digestivas, responsables de las reacciones de hidrólisis de moléculas de alto peso molecular, que al reaccionar con moléculas de agua rompen los ésteres y los enlaces peptídicos y glicosídicos. El rumen, es la porción en la que se degrada la mayor parte del alimento que consume el animal. En esta porción se realiza la digestión fermentativa gracias a la presencia de microorganismos (bacterias, archeas, protozoarios), responsables del aprovechamiento de polisacáridos estructurales (pectina, celulosa, hemicelulosa) de las plantas, que no serían digeribles por las enzimas propias del rumiante. En el omaso, se realiza la reducción del tamaño de las partículas alimenticias, así como la absorción de agua y de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) (Agarwal et al., 2015; Kittelmann et al., 2013; Zeng et al., 2017).

Para aprovechar los nutrientes de los alimentos es esencial que se lleve a cabo la fermentación y producción de ácidos grasos volátiles AGV (como ácido

acético, propiónico y butírico) los cuales se absorben en el rumen. Estos procesos se pueden ver alterados por una alimentación deficiente de los ovinos, pero principalmente por la presencia de parásitos. A diferencia de un animal sano, los animales parasitados tienden a reducir la energía metabólica que utilizan para la producción, en gran medida debido a que los parásitos hacen uso de los nutrientes, pero también causan daños anatómicos como lesiones localizadas, formación de nódulos o degradación del epitelio y mucosas que interfieren con los procesos de absorción, lo que a la larga afecta a otros órganos y al bienestar del animal (Domke, et al., 2011; Kahn & Woodgate, 2012).

## **2.6 Alternativas antihelmínticas: Control biológico**

Debido a que la utilización de antihelmínticos de origen químico se ha visto superada por factores como variabilidad escasa en fármacos desparasitantes, el uso desmedido e inadecuado y la generación de resistencia antihelmíntica (Selemon, 2018), se han buscado alternativas que además de controlar las parasitosis, reduzcan los daños ambientales, productivos y económicos asociados a este control.

Dentro de las estrategias empleadas como el control de pastoreo, la selección genética, el control sanitario, la contención de las áreas contaminadas; las mejoras en la alimentación destacan por la relevancia que tienen en el impacto de las parasitosis. Una adecuada alimentación de los animales incrementa su resiliencia y respuesta ante las parasitosis. Este aspecto es fundamental ya que se ha demostrado que una nutrición inadecuada, no sólo altera el correcto funcionamiento de la microbiota (disbiosis), sino que exacerba los efectos de las nematodiosis. De esta forma, se ha establecido una interrelación entre parásitos y la microbiota residente que pueden tener incluso implicaciones en el grado en el que se desarrolla la enfermedad (Cortés et al., 2020). Sin embargo, el dotar de una alimentación balanceada y adecuada a los animales, no es una encomienda sencilla, por las condiciones en que se realiza la crianza especialmente de los ovinos, en donde una alta proporción del alimento que consumen es durante el

pastoreo, consumiendo pastos y forrajes que por lo general están contaminados con huevecillos y larvas de diferentes NGI (Arece y Rodríguez, 2010).

Ante esta problemática, se han venido ensayando opciones alternas para controlar la proliferación de los parásitos, a través del control biológico. Si bien no se busca un reemplazo total del uso de los antihelmínticos comerciales, sí se busca disminuir su uso, mediante la aplicación complementaria de estrategias integrales más sustentables, a través de las cuales se reduzcan las poblaciones de parásitos a un nivel en el que no generen efectos nocivos (García et al., 2016; Cruz, 2021).

En el control biológico, lo que se busca es emplear antagonistas naturales para disminuir el número de huevos y de larvas, a un número que no resulte perjudicial para los hospederos. Esto implica reconocer que, en las heces pueden expulsarse desde huevos y diferentes estadios larvarios (L1, L2, L3) de los parásitos y que en los pastos, hierbas y forrajes de los que se alimentan los animales durante el pastoreo, generalmente se encuentran las formas infectantes (L3) de los NGI. En este control sostenible, el uso de los antihelmínticos comerciales se restringiría a casos que requieren un tratamiento selectivo, en especial en animales con un recuento significativamente alto de huevos, o con una alta carga parasitaria, en tanto que el control biológico implicaría el uso de enemigos naturales de los NGI, para reducir el número de parásitos. Al respecto, destacan los hongos hifomicetos o nematófagos, que corresponden a especies de hongos que se alimentan de las formas libres de los parásitos, muchos de ellos producen esporas (Burke & Miller, 2020).

Hongos nematófagos del género *Ascomycota* spp inicialmente utilizados contra nematodos fitoparásitos de papas, mostraron que con sus hifas producen trampas que atrapan a los parásitos, algunos otros producen esporas que el parásito consume vía oral o quedan en su cutícula del parásito y después son parasitados por el hongo, algunos otros depredan a los huevos a través de enzimas que les permiten penetrar los huevos y por último esta la producción de toxinas de origen fúngico (Degenkolb & Vilcinskis, 2016), en estudios con *Clonostachys rosea* se demostró la actividad nematófaga contra larvas infectantes (L<sub>3</sub>) de *H. contortus*

(Rodríguez-Martínez et al., 2018), la forma más frecuente de administrarlos es a través de pellets de alginato de sodio, bolos de liberación controlada, granos de cereales con hongos nematófagos, bloques energéticos, bloques minerales, principalmente (García et al., 2016).

En los animales se ha identificado que estos hongos interaccionan con los NGI mediante tres vías:

- 1) Hongos atrapadores/depredadores: Emplean redes o trampas adhesivas (anillos constrictores) para capturar a las larvas de nematodos. A través de la acción de enzimas tanto hidrolíticas, como extracelulares (quitinasas, proteasas, colagenasas), digieren la cutícula del parásito. Representantes de este tipo de hongos son *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella* y *Monacrosporium*. En los ovinos, las larvas más móviles como las de *Haemonchus*, *Cooperia* y *Ostertagia*, estimulan una mayor producción de estas trampas adhesivas que las que presentan una menor movilidad como las de *Oesophagostomum*.
- 2) Hongos endoparásitos: Caracterizados porque las hifas infértiles del hongo sólo crecen dentro del nematodo, una vez que fueron ingeridas las esporas. Una limitante para emplear estos hongos en el control biológico, es que estos hongos son parásitos obligados por lo que requieren del contacto directo para favorecer su dispersión. Así mismo, que una vez activos sólo actúan contra las L1 y L2. Entre estos se encuentran *Harposporium anguillulae*, *Drechmeria coniospora*.
- 3) Hongos productores de toxinas: Corresponden a especies de hongos que como producto de su metabolismo secundario producen toxinas que son generadas en los parásitos, como debilitamiento de la cutícula, pérdida de la movilidad y muerte. Incluyen a hongos como *Alternaria*, *Aspergillus*, *Claviceps*, *Fusarium* y *Penicillium* (Sagués et al., 2011; García et al., 2016; Jiang et al., 2017; Szewc et al., 2021).

Los más usados en el control de NGI en rumiantes son los del primer grupo (atrapadores), dentro de los que destaca *Duddingtonia flagrans* con una alta eficacia contra L3 de diferentes nematodos y en diferentes especies pecuarias en bovinos (58.7-96.4%) y en ovinos (37.6-91.5%) (Szewc et al., 2021). En un estudio en el que se buscó estimar la proporción de clamidosporas de *D. flagrans* necesarias para lograr un atrapamiento óptimo de huevos o larvas infectantes (L3) de *H. contortus*, en el que se emplearon proporciones crecientes de huevos y larvas contra clamidosporas (1:1, 1:10, 1:100 y 1:1000), se determinó que, en ambos casos, la proporción óptima fue de 1:10 (Ojeda-Robertos et al., 2015).

Además de estos hongos, el control biológico también incluye el uso de plantas y macromicetos con propiedades antihelmínticas. En el caso de las plantas, frutos como la granada roja (*Punica granatum*) han sido confrontados contra nematodos gastrointestinales siendo una opción para el control biológico de la Haemoncosis (Castagna et al., 2020). Así mismo, el uso de extractos de metabolitos secundarios de plantas, es otra alternativa en el control de *H. contortus*, tal es el caso de *Leucaena leucocephala* que ha mostrado actividad sobre huevos y larvas de este parásito (Rivero-Perez et al., 2019). Extractos acuosos de plantas forrajeras como la madre de cacao (*Gliricidia sepium*), el guásimo (*Guazuma ulmifolia*), el guaje (*Leucaena leucocephala*) y el palo mulato (*Bursera simaruba*) fueron confrontados *in vitro* para evaluar su eficacia en el control de nematodos en ovinos. Todos los extractos mostraron una eficaz actividad ovicida, y aunque las diferentes dosis empleadas presentaron una actividad larvicida, se determinó que los extractos de *L. leucocephala* y *G. sepium*, así como la mezcla de ambos a 1.25mL reportaron una mayor eficacia 68%, 85% y 77%, respectivamente contra larvas de *Haemonchus* spp., *Nematodirus* spp., *Cooperia* spp., *Oesophagostomum* y *Trichostrongylus* spp., los principales NGI en ovinos (Antonio-Irineo et al., 2021).

Estudios realizados con distintos tipos de extracciones de plantas han mostrado una importante actividad antihelmíntica, entre otros, el realizado con extractos de acetato de etilo de *Moringa oleífera* en el que se identificó la inhibición de la eclosión de huevos y un efecto larvicida contra L3 de *H. contortus* (Páez-León, 2018); así como, los extractos hidroalcohólicos de vainas de *Caeslpinia coriaria*,

mostraron elevado efecto larvicida contra L3 de *H. contortus* (De Jesús-Martínez et al., 2018). Con los extractos de los frutos de esta misma planta (*C. coriaria*) se probó la eficacia en la eclosión de huevos de este nematodo (Olmedo-Juárez et al., 2022). De igual forma, los extractos hidroalcohólicos de *Cassia fistula* mostraron una alta mortalidad de larvas a una concentración de 50 mg/mL (Zaragoza-Bastida et al., 2019).

Además de este tipo de extractos, también se ha probado la eficacia antihelmíntica de aceites esenciales contra *H. contortus*, identificando efectos diferenciados como en *Hesperozygis myrtoids* (inhibición de eclosión de huevos, y larvicida), *Artemis lancea* (inhibición de migración larvaria), *Eucalyptus staigeriana* (ovicida y larvicida), *Thymus vulgaris* (funciona como suplemento alimenticio, detiene el desarrollo, motilidad y eclosión de las larvas), *Arisaema franchetianum* y *A. lobatum* (99% de e inhibición de la eclosión de huevos, en concentraciones de 10 mg/mL y 5-10 mg/ml respectivamente), *Cassia fistula* (ovicida y larvicida), *Skimmia laureola* (daño potencial a L3 por daños en la membrana), entre otras especies estudiadas (Fayaz et al., 2019).

Al igual que en las plantas, diversos estudios se han orientado al uso de hongos tanto silvestres como cultivados, para probar su actividad antihelmíntica. El extracto hidroalcohólico del hongo silvestre *Neolentinus ponderosus*, fue confrontado *in vitro* para evaluar su eficacia antihelmíntica contra *H. contortus*, se encontró que la mayor mortalidad (99%) de L3 se obtuvo a los 7 días a una concentración de 3.4 mg/mL, y la CL<sub>50</sub> (Concentración letal media) con 0.55 mg/mL (Montañez, 2020).

Un número importante de investigaciones se han realizado con diferentes especies del hongo comestible *Pleurotus* mismos que han demostrado (en su mayoría *in vitro*) su actividad contra *H. contortus*, contribuyendo a que este hongo sea una alternativa para el control de este nematodo (Pineda-Alegría et al., 2017).

## 2.7 Uso de hongos comestibles (*Pleurotus* spp.) en el control de nematodos

Son diversos los estudios que abordan la valoración de la actividad nematocida y/o nematostática de diferentes especies de *Pleurotus* spp., contra nematodos de importancia fitosanitaria como veterinaria. En el Cuadro 4, se presentan algunas de estas contribuciones en ambos campos.

**Cuadro 4.** Investigaciones para evaluar la actividad nematocida de *Pleurotus* spp.

| Especie de <i>Pleurotus</i>  | Estadio/Nematodo (parásito de)   | Hallazgos  |
|--|--|--|
| <i>P. ostreatus</i><br><i>P. pulmonarius</i><br><i>P. sajor-caju</i> | <i>Meloidogyne</i> spp. (de tomate)<br><i>Radopholus</i> spp. (de plátano) | Evaluación <i>in vitro</i> . Basidiomas pulverizados y diluidos a diferentes concentraciones.<br>Efecto nematostático (inmovilidad a [75 g/200mL]). <i>Meloidogyne</i> spp.: <i>P. ostreatus</i> (82.8%), <i>P. sajor-caju</i> (62.8%) y <i>P. pulmonarius</i> (39.6%).<br><i>Radopholus</i> spp.: <i>P. sajor-caju</i> (72.4%), <i>P. ostreatus</i> (45.2%) y <i>P. pulmonarius</i> (24.4%)<br>Efecto nematocida (muertos a [75 g/200mL]) <i>Meloidogyne</i> spp.: <i>P. ostreatus</i> (46.8.8%), <i>P. pulmonarius</i> (21.6%) y <i>P. sajor-caju</i> (24%).<br><i>Radopholus</i> spp.: <i>P. sajor-caju</i> (43%), <i>P. ostretus</i> (26%) y <i>P. pulmonarius</i> (18%) (Sierra, 2014). |
| <i>P. ostreatus</i>  | Larva J2, <i>Globodera pallida</i> (de papa)                               | Evaluación <i>in vitro</i> . Nematodo de la papa. Tanto las hifas como los filtrados de caldo de cultivo de <i>P. ostreatus</i> presentan actividad nematocida y nematostática contra larvas J2 de <i>G. pallida</i> (Arteaga et al., 2019).   |
| <i>P. djamor</i>   | Larva J2, <i>Meloidogyne enterolobii</i>                                   | Evaluación <i>in vitro</i> de la fracción PdR-2, obtenida de una extracción hidroalcohólica del basidioma. 24 horas de exposición para diferentes concentraciones. Mayor mortalidad 86.3% a una [de 1.25 mg/mL <sup>-1</sup> ], la menor (40.3% a la [0.039 mg/mL <sup>-1</sup> ]) (Gómez-Rodríguez et al., 2022).   |
| <i>P. ostreatus</i><br><i>P. eryngii</i><br><i>P. djamor</i>         | Larva J2, <i>Nacobbus aberrans</i> (de tomate)                             | Mortalidad de <i>N. aberrans</i> (tomate): <i>P. eryngii</i> (13.19%), <i>P. ostreatus</i> (68.05%) y <i>P. djamor</i> (76.77%) (Sánchez-Salgado et al., 2021).  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <i>P. ostreatus</i><br><i>P. eryngii</i><br><i>P. djamor</i>   | L3 <i>Haemonchus contortus</i> (de ovinos) | Evaluación <i>in vitro</i> usando micelio. Mortalidad de <i>H. contortus</i> (ovinos): <i>P. eryngii</i> (87.43%), <i>P. ostreatus</i> (81.49%) y <i>P. djamor</i> (87.43%) (Sánchez-Salgado et al., 2021).  |
| <i>P. strigosus</i><br><i>P. cornucopiae</i><br><i>P. subareolatus</i><br><i>P. cystidiosus</i><br><i>P. ostreatus</i> | L3 <i>Haemonchus contortus</i> (de ovinos) | Evaluación <i>in vitro</i> . Cultivo de hifas en agar-agua para identificación de toxinas producidas por las hifas de los hongos. Los nematodos se confrontaron directamente a estos medios. En 30 segundos hay un efecto nematostático con <i>P. ostreatus</i> , para las otras especies varían entre 45-70 segundos. Mayor tasa de mortalidad con <i>P. ostreatus</i> y la menor con <i>P. cornucopiae</i> (Barrón & Thorn, 1987). |
| <i>P. eryngii</i>  | L3 <i>Haemonchus contortus</i> (de ovinos) | Evaluación <i>in vitro</i> . Hongos macerados en acetona y extractos hidroalcohólicos. [20 µg/mL]. 18.8% de mortalidad máxima con extractos hidroalcohólicos y de 9.63% con extractos acetónicos (Cruz, 2017).   |
| <i>P. djamor</i>   | L3 <i>Haemonchus contortus</i> (de ovinos) | Evaluación <i>in vitro</i> . Extractos hidroalcohólicos de sustratos agotados. Comparando tres tiempos: a 15 días de colonización (SPS) a la primera cosecha (SPS1) y a la segunda cosecha (SPS2). Los extractos fueron sometido a bipartición obteniendo una fracción acuosa (PdAcO) y otra de acetato de etilo (PdAct). La mayor mortalidad se obtuvo con PdAct (80.11%) (Colmenares et al., 2021).                                |

Estas investigaciones muestran la diversidad de especies de *Pleurotus* que han sido estudiadas respecto a su actividad antihelmíntica. Las aproximaciones metodológicas son diferentes, respecto al uso de micelio, hifas, extractos y especies de nematodos. En las plantas se ha puesto especial atención al género *Meloidogyne* que cuenta con un poco más de cien especies que afectan a distintas plantas de importancia económica como tomate, papa, cebolla, entre otras. Su importancia a nivel mundial se relaciona con los daños provocados, su amplia distribución geográfica y número de especies que parasita (Gómez-Rodríguez et al., 2022). En el caso de los animales, la atención de muchas investigaciones se centra en la especie *H. contortus*, probando la eficacia principalmente de *Pleurotus ostreatus*.

## **2.8 *Pleurotus ostreatus* en el control de *Haemonchus contortus***

*Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible con grandes cualidades, debido a su conformación nutricional, su alto contenido de proteínas, carbohidratos, ácidos grasos, fibra, macro y micro minerales, como calcio, fósforo, potasio, magnesio, selenio, zinc y manganeso (Aguilar-Pumahuilca et al., 2019; Niño et al., 2021). Es considerado como un alimento funcional y nutracéutico, por sus propiedades nutritivas y medicinales. Sus propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antimicrobianas, antivirales, antihipertensivas, antioxidantes, antitumorales, entre otras, se asocian a los compuestos producidos durante el metabolismo secundario, como flavonoides y ácidos orgánicos (compuestos fenólicos), fenoles,  $\beta$ -Glucanos, estatinas, hemolisina, lacasas, polisacáridos, lectinas, tocoferoles, eringina, quitina, entre muchos otros compuestos bioactivos (Sun & Liu, 2009; Anusiya et al., 2021; Beltrán et al., 2021; Niño et al., 2021).

Existen investigaciones que han demostrado su cualidad para degradar complejos lignocelulósicos (Herrera et al., 2021) y en otras, se destaca su capacidad como nematocida contra *Panagrellus* spp y parásitos de importancia zootécnica y pecuaria como *Passalurus* spp. y *Haemonchus contortus* (André et al., 2015; Alvear, 2018; Sánchez-Salgado et al., 2021).

Los estudios realizados sobre la actividad antihelmíntica de *P. ostreatus* contra *H. contortus*, en su mayoría son *in vitro*. Presentan variantes, en las características de los ensayos empleados: concentraciones, tiempos de exposición, tipo de extractos (principalmente hidroalcohólicos, aunque también se han empleado acuosos y cetónicos), el material biológico empleado en los extractos, ya sea hifas, micelio, basidiomas deshidratados o sustratos agotados en los que ha crecido el hongo. Por lo general, las confrontaciones se realizan probando de manera directa los extractos sobre un número controlado de huevos o larvas, para valorar el efecto nematocida (y en algunos, nematostático) (Sun y Liu, 2009; Alvear, 2018; Arteaga et al., 2020).

Los resultados obtenidos, contribuyen al conocimiento de estos efectos, a través de la valoración de diferentes variables. A manera de ejemplos, Valdez-

Uriostegui et al. (2021), al evaluar diferentes concentraciones elaboradas a partir de diferentes componentes de *P. ostreatus*, encontraron que a las 48 hrs., la mayor inhibición de la actividad de huevos (100%) se obtuvo con el extracto de micelio a una concentración de 0.8 mg/mL, en comparación con el 98.2% para los extractos de basidiomas y el 28% del sustrato agotado. Identificaron como metabolito secundario responsable al xilitol. En tanto que la mayor actividad nematicida contra las L3 se obtuvo a las 72 hrs con 96.8% para los extractos de micelio, 70.5% para los basidiomas y 11.3% para el sustrato agotado. De acuerdo con este estudio, la menor eficacia nematicida contra L3 se obtuvo con los extractos de sustrato agotado (11.3%).

En contraste, en un estudio *in vitro* en el que se comparó la eficacia de extractos hidroalcohólicos de 10 sustratos agotados de *P. ostreatus* contra huevos y larvas de este nematodo, empleando concentraciones entre 0.315 a 10 mg/mL, los resultados obtenidos mostraron que todos los extractos presentaron actividad nematicida, con valores superiores al 50%, correspondiendo el mayor porcentaje al 98.5% a las 48 hrs de exposición. Dos de los extractos mostraron un 79% de mortalidad de larvas a las 72 hrs. El análisis de los sustratos con mayor eficacia reportó un porcentaje mayor a 90% de materia seca, alrededor del 10% de proteína cruda, entre 20 y 50% de fibra cruda, cenizas 5% y extracto etéreo <3% (Téllez, 2021).

Por otra parte, se comparó *in vitro* la eficacia de extractos hidroalcohólicos de diez sustratos agotados de *P. ostreatus* contra huevos y larvas de *H. contortus*, empleando concentraciones entre 0.31 a 10 mg/mL, los resultados mostraron que todos los extractos presentaron actividad nematicida con valores superiores al 50 %, correspondiendo el mayor porcentaje (98.5) a las 48 h de exposición. Dos de los extractos mostraron 79 % de mortalidad de larvas a las 72 h (Rodríguez, 2022). En otro estudio, extractos hidroalcohólicos (etanol-agua, 70:30) de sustratos agotados de este hongo, fueron fraccionados con acetato de etilo para obtener dos fracciones, una acuosa (FAC) y una orgánica (FACoET). La mayor eficacia larvicida se obtuvo a la máxima concentración (5 mg/mL), con 60.9 % para la fracción orgánica y 29.8 % para la acuosa (Páez-León et al., 2022).

En otro estudio, en el que se partió del reconocimiento de las propiedades medicinales de *P. ostreatus* se probaron hidrolizados de las proteínas del hongo (extracto crudo del cuerpo fructífero), preparados a partir de tripsina, papaína y pepsina para evaluar su actividad antihelmíntica *in vitro*. Se encontró que los hidrolizados de hongos con papaína fueron los de mayor eficacia, produjeron el 100% de mortalidad de las L3 de *H. contortus* después de una hora, en comparación con los extractos de tripsina y pepsina, que alcanzaron este porcentaje entre las 12-24 hrs. de confrontación (Edith et al., 2023).

Estas investigaciones muestran los avances que se han generado respecto de esta temática, mostrando que los resultados no son concluyentes pues existen múltiples variables que pueden influir en la actividad nematocida, como diferencias en los sustratos, compuestos bioactivos que intervienen, el procesamiento de los extractos, entre muchas otras. Hasta ahora, si bien estudios han contribuido a un mayor conocimiento sobre la actividad ovicida y larvicida de *P. ostreatus* contra *H. contortus* atribuyendo esta cualidad a la presencia de metabolitos secundarios como taninos, polifenoles, ácidos grasos y terpenos, en estudios realizados principalmente *in vitro* (Pineda-Alegría et al., 2017) generando resultados alentadores; sin embargo, es necesario profundizar en estas investigaciones, para identificar el efecto de los metabolitos secundarios presentes en los hongos.

Al respecto, hay estudios que ya se han orientado a la identificación de metabolitos secundarios con actividad nematocida, como el realizado con extractos hidroalcohólicos fraccionados por cromatografía de cuerpos fructíferos de *Pleurotus djamor* de los que se aisló la fracción PdR2 y la subfracción PdB. En el análisis *in vitro*, se determinó una alta eficacia de PdB en la inhibición de huevos (100% a partir de las concentraciones de 5mg/mL) y larvicida (97.2% a 20 mg/mL). En la confrontación *in vivo*, se utilizó el jerbo (roedor) como especie experimental infestada artificialmente con *Haemonchus contortus*, obteniendo una actividad larvicida de 92.5%. Atribuyen esta actividad a la mezcla del alitol y un terpeno no identificado. Aún con estos resultados, los autores sugieren la utilización del hospedero natural, para evaluar el nivel de eficacia (González-Cortázar et al., 2021).

Investigaciones como esta han identificado la acción de metabolitos secundarios de *P. ostreatus* sobre *H. contortus*, aunque hace falta una revisión exhaustiva para cuantificar el número de estos metabolitos que han sido identificados. En un estudio, se identificó que *P. ostreatus* produce por lo menos 84 metabolitos secundarios con actividad nematicida. Sin embargo, hasta ahora no se han probado sus efectos *in vivo*, así como también, se desconoce si estos metabolitos serán capaces de sobrepasar la digestión ruminal. Por ello, es importante realizar estudios orientados a este propósito para verificar su eficacia *in vivo* y plantear alternativas para su uso en el control sostenible de estos parásitos (Degenkolb & Vilcinskas, 2016).

### 3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales problemas y más recurrentes que enfrenta la ovinocultura en todo el mundo, está relacionado con la alta propensión de los ovinos a contraer parasitosis gastrointestinales. La presencia de los parásitos afecta la conversión alimenticia, lo que significa afectaciones directas en los parámetros productivos y reproductivos de los animales infestados, traduciéndose en importantes pérdidas económicas para los productores, por la mortalidad de animales causada por parasitosis severas y frecuentemente multigenéricas, debido a la presencia de simultánea de diferentes géneros de parásitos en las distintas porciones del tracto digestivo de los animales parasitados. De igual forma, las pérdidas económicas están asociadas a la pérdida de valor en la cadena productiva y los altos costos que representa el control de los parásitos, mediante el uso de antihelmínticos comerciales. A pesar de la eficiencia que tenían muchos de estos fármacos para controlar las parasitosis, el uso indiscriminado y la administración a dosis incorrectas, ha traído como consecuencia el desarrollo de resistencia por parte de los parásitos. Algunos de ellos, como *Haemonchus contortus*, el nematodo gastrointestinal más nocivo para los ovinos, incluso ha desarrollado multi-resistencia a diferentes antihelmínticos. Adicionalmente, una desventaja del uso de los antihelmínticos comerciales, son los graves daños provocados al ambiente, por la excreción de residuos tóxicos en las heces de los animales, que contaminan el suelo, los cuerpos de agua y los pastizales. Es por ello que, más allá del control químico, dentro del control biológico se están estudiando alternativas que contribuyan con este control, sin causar efectos nocivos en el ambiente. En estas alternativas, destaca el uso de extractos del basidioma de diferentes especies de hongos comestibles, para controlar diferentes estadios del ciclo de vida de los nematodos gastrointestinales y poder regular las poblaciones de parásitos y los efectos nocivos que causan en los animales.

## 4. HIPÓTESIS

La utilización de extractos de basidiomas y sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* es una alternativa viable para el control de nematodos gastrointestinales de ovinos sin causar afectaciones al ambiente.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de extractos de basidiomas y sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* sobre nematodos gastrointestinales del ovino y su impacto en los parámetros productivos.

### 5.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de *Pleurotus ostreatus* en el rumen a través de la producción de gas *in vitro*.
2. Determinar el efecto *in vitro* de extractos de basidiomas y sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* contra huevos y larvas L<sub>3</sub> de nematodos gastrointestinales presentes en heces de ovinos.
3. Comparar la eficacia ovicida y larvicida de extractos de basidiomas y sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus*, contra NGI de ovinos.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1 Tipo de investigación

Tipo de estudio: Cualitativo-cuantitativo, experimental y transversal.

Variables Independientes: Concentraciones establecidas por duplicación porcentual de basidiomas de *P. ostreatus* y su sustrato agotado (1.12, 2.25, 4.5 y 9%). Los tiempos de confrontación fueron 72 h para los huevos y para las larvas con dos tiempos: 24 y 48 h. Como control negativo, agua destilada y como control positivo un antihelmíntico comercial (Ivermectina 5µg/50µl).

Variables dependientes: No eclosión de huevos y mortalidad de larvas de nematodos gastrointestinales de ovinos, en bioensayos realizados *in vitro*.

### 6.2 Localización geográfica del área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Ayapango, ubicado en la Región I “Amecameca”, al suroriente del Estado de México, entre los paralelos 19° 06’ y 19° 10’ de latitud norte y los meridianos 98° 46’ y 98° 51’ de longitud oeste, a 2450 msnm. El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 14.7 °C y una precipitación media anual de 900 mm. Predominan los suelos tipo regosol (61.7 %) y arenosol (16.6 %). De la superficie territorial de 50.8 km<sup>2</sup> con que cuenta, el 84.1 % se destina para actividades agropecuarias, siendo la principal actividad económica del municipio. En el sector pecuario destaca la crianza de ganado bovino, ovino y porcino, así como de aves de corral, principalmente de pollo de engorda (COPLADEM, 2022).

### 6.3 Proceso metodológico

#### 6.3.1 Obtención y procesamiento de basidiomas y sustrato agotado

Se obtuvieron muestras de 500 g de basidiomas y sustrato agotado de *P. ostreatus*, provenientes de dos unidades de producción localizadas en los municipios de Tenango del Aire y Amecameca. Una vez obtenidas, fueron etiquetadas para su traslado al laboratorio. Para su deshidratación, las muestras se

colocaron sobre charolas con papel absorbente, sin exposición directa al sol a temperatura ambiente, realizando cambios periódicos del papel absorbente hasta su total secado. Una vez deshidratados, se pesaron 50 g de cada una con una balanza granataria (Modelo VE-2610, marca VELAB) y se fraccionaron con tijeras, para triturarlas en porciones pequeñas. Posteriormente, fueron procesadas a un tamaño de partícula < 2mm con un molino eléctrico (Hamilton Beach 80350R). Cada muestra fue rotulada y almacenada a temperatura ambiente en tubos cónicos estériles de plástico de 50 mL, sellados con papel Parafilm (PM992) para evitar la rehidratación, los cuales fueron forrados con papel aluminio para impedir el contacto con la luz.

### **6.3.2 Simulación *in vitro* de la digestión en el ambiente ruminal y preparación de los tratamientos.**

Como forraje base para la digestión *in vitro*, se utilizó ensilado de maíz (*Zea mays* L., Poaceae), el cual fue secado en una estufa (Blinder serie 12-08177) a 70 °C por 72 h. Posteriormente fue molido a un tamaño de partícula de 1mm. Con una balanza analítica (Modelo GA200, marca OHAUS), fue pesado el material deshidratado: basidiomas, sustrato agotado y ensilado de maíz, de acuerdo con las proporciones correspondientes calculadas, para una mezcla total de 20 g por tratamiento. Las proporciones de basidioma (B) o sustrato agotado (SA) y ensilado de maíz (EM), para los cuatro tratamientos fueron: Tratamiento al 9% (B o SA= 1.8 g; EM= 18.2 g), Tratamiento al 4.5% (B o SA= 0.9 g; EM= 19.1 g), Tratamiento al 2.25% (B o SA= 0.45 g; EM= 19.55 g) y Tratamiento al 1.12% (B o SA= 0.22 g; EM= 19.78 g) respectivamente, para las muestras de los municipios de Tenango del Aire y Amecameca.

La extracción de inóculo ruminal fue realizada preprandialmente de ovinos donadores, utilizando para su colecta una sonda esofágica flexible (marca DEMOTEC). Una vez obtenido, se filtró con cuatro capas de tela gasa, para después conservarlo en un termo a temperatura de 39 °C para su traslado al laboratorio. El líquido ruminal y la solución mineral reducida fueron mezclados en una relación 1:9 y se gasificaron con CO<sub>2</sub> para mantener las condiciones anaerobias, siguiendo la

técnica descrita por Theodorou et al. (1994). En frascos ámbar con capacidad de 120 mL, se colocaron 20 g de cada tratamiento a cada frasco agregando 90 ml de líquido ruminal estandarizado con un flujo constante de CO<sub>2</sub>, cerrándolos herméticamente. Fueron incluidos dos frascos como blancos (líquido ruminal estandarizado). Tanto a los blancos como a los tratamientos se les midió la presión de gas para garantizar que se estuviera llevando a cabo la fermentación *in vitro*. La incubación se realizó a 39°C en baño maría, y la medición del gas se hizo utilizando un manómetro digital (SSI Technologies, Inc MG-15-A-9V-R). Transcurridas 72 h, el contenido de los frascos fue filtrado para determinar la desaparición *in vitro* de la materia seca, el líquido colectado se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta el empleo en los bioensayos.

### **6.3.3 Obtención de huevos de nematodos de NGI.**

En las diferentes etapas en que se trabajó con los ovinos del rebaño seleccionado, los procedimientos atendieron en todo momento los estándares de uso y cuidado de animales destinados a la investigación emitido por el Comité de Bioética del Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México, así como también atendiendo los establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995 (DOF, 1995). Inicialmente, se realizó un muestreo preliminar al azar en un rebaño de un productor cooperante, colectando las heces directamente del recto de los ovinos; a través de un examen coproparasitológico, se confirmó la existencia de huevos de NGI.

Posteriormente, se seleccionaron al azar 20 borregos, de los cuales fueron colectadas de 2 a 10 g de heces, empleando guantes de palpación de plástico. Una vez colectadas las muestras, se identificaron y mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) para su traslado inmediato a laboratorio. Las heces colectadas fueron homogenizadas manualmente macerando dentro del guante. Posteriormente, cada muestra fue resuspendida con 100 mL de solución salina (NaCl) al 40%; el homogenizado fue filtrado con gasas para dejarlo reposar en vasos de plástico, durante 20 min. El sobrenadante colectado fue procesado en una centrífuga (Centrifugal Machine 800-1) a 1500 rpm por 5 min en tubos de

Vacutainer. El anillo formado por los huevos fue recolectado utilizando una micropipeta (Labnet BioPette Plus) y lavado con agua destilada en tres ocasiones, para eliminar el cloruro de sodio y concentrar los huevos en el fondo del tubo. Los huevos recuperados se conservaron en tubos Eppendorf de 3 mL, con solución salina isotónica (0.9 %), a 4° C hasta su empleo en el bioensayo.

#### **6.3.4 Obtención de larvas**

Con el resto de las heces colectadas, se procedió a efectuar un coprocultivo, siguiendo el procedimiento señalado por Liébano et al., (2011); colocándolas en una bandeja de plástico y mezclándolas con agua destilada hasta alcanzar una consistencia pastosa. Transcurrida una hora, se añadieron fragmentos de espuma de poliuretano (de dimensiones aproximadas de 1.5 x 1.5 x 0.5 cm), cubriendo el recipiente con papel aluminio, dejando una pequeña ventana de ventilación para incubarlas por 12 días a 27 °C, en una estufa bacteriológica (Blinder serie 12-08177). Transcurrido el tiempo de incubación, se aplicó la técnica de Baerman para recuperar las larvas L3 a las 24 h posteriores. Una vez colectadas en tubos Vacutainer de plástico, se centrifugaron a 1500 rpm durante 5 min, para obtener las larvas del fondo del tubo utilizando una micropipeta (CE-50). Para eliminar los detritus, las larvas fueron resuspendidas en solución salina (NaCl) al 40% y consecutivamente, se procedió a realizar tres lavados con agua destilada. Las larvas se conservaron en tubos Eppendorf de 3 mL con solución salina isotónica (0.9%), a 4 °C hasta su empleo en el bioensayo correspondiente.

#### **6.3.5 Realización de los bioensayos**

Los bioensayos se realizaron en el Laboratorio Multidisciplinario de Investigación y en el Laboratorio de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia del Centro Universitario UAEM Amecameca, km 2.5 Carretera Amecameca-Ayapango, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México. La confrontación se realizó en microplacas de poliestireno de 96 pocillos de 360 µL de capacidad (Corning®).

### 6.3.5.1 Estimación de la inhibición de la eclosión de huevos (IEH) de NGI

Con los huevos de NGI previamente reservados, se preparó el volumen suficiente para conseguir una dilución aproximada de 100 huevos en 50  $\mu\text{L}$  empleando una micropipeta de 10-100  $\mu\text{L}$  (CE-50). En cada pocillo se colocaron 50  $\mu\text{L}$ , de la solución obtenida de la digestión *in vitro* correspondiente a cada tratamiento (B) y (SA) y añadiendo 50  $\mu\text{L}$  con la dilución ya mencionada de los huevos, identificando cada tratamiento y concentración. Como control negativo se empleó agua destilada y como control positivo ivermectina 5 $\mu\text{g}$ /50 $\mu\text{l}$ . Las placas se mantuvieron a 27 °C por 72 h, al finalizar se refrigeraron por 4 h para limitar el metabolismo y proceder a realizar la lectura, considerando los huevos que no eclosionaron y las larvas (vivas o muertas); se empleó un microscopio óptico a un aumento de 40 X (Velab VE-B6 binocular). El porcentaje de inhibición de la eclosión se calculó con la fórmula (Pineda-Alegría et al., 2017):

$$\% \text{ inhibición de eclosión de huevos} = \frac{\text{Promedio del Tratamiento} - \text{Promedio del Control (-)}}{\text{Promedio del Tratamiento}}$$

### 6.3.5.2 Estimación de la mortalidad de larvas de NGI

Para el caso de las larvas, fueron empleados dos tiempos de confrontación (24 y 48 h). Para la homogenización y dilución, fue seguido el mismo procedimiento empleado con los huevos, con aproximadamente 100 larvas en 50  $\mu\text{L}$ . Después en cada pocillo del tratamiento correspondiente, se depositaron 50  $\mu\text{L}$  de la solución derivada de la digestibilidad *in vitro* adicionando 50  $\mu\text{L}$  con las larvas diluidas en solución salina fisiológica (0.9 %), para un volumen final de 100  $\mu\text{L}$ . Posteriormente, fue realizada la lectura en un microscopio óptico a un aumento de 40 X. El criterio para establecer las larvas vivas fue que mostraran movimiento o estuvieran enroscadas y al estimularlas se movían; en el caso de las muertas, aquellas que se encontraban elongadas y sin movimiento aun cuando fueran estimuladas. La mortalidad de larvas se calculó a través de la fórmula adaptada de Pineda-Alegría et al. (2017):

$$\% \text{ de mortalidad de larvas} = \frac{\text{Promedio del Tratamiento} - \text{Promedio del Control (-)}}{\text{Promedio del Tratamiento}}$$

### **6.3.6 Análisis Estadístico**

Los datos sobre la inhibición de la eclosión de huevos y la mortalidad de larvas de NGI, fueron analizados mediante un modelo lineal generalizado, usando un análisis de varianza (ANOVA), para examinar las diferencias entre las medias de las diferentes concentraciones de los tratamientos empleados tanto para los basidiomas como para el sustrato agotado. El control negativo (agua destilada) se utilizó para ajustar el porcentaje de mortalidad.

## 7. RESULTADOS

Los resultados generados a partir de los datos obtenidos de la investigación, fue la publicación del artículo de investigación “*Uso de hongos comestibles como alternativa sustentable en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos/ Use of edible mushrooms as a sustainable alternative for the control of gastrointestinal nematodes in sheep*”, aprobado para su publicación en la Sección de Ciencia Animal de la Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical, el 21 de abril de 2025.

### [rchsagt] Decisión del editor/a

**De:** [ojscori@gmail.com](mailto:ojscori@gmail.com) <[ojscori@gmail.com](mailto:ojscori@gmail.com)>

**Enviado:** lunes, 21 de abril de 2025 11:00 a. m.

**Para:** JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO <[mvzojeda@hotmail.com](mailto:mvzojeda@hotmail.com)>; Tomas Escobar-Espinosa <[tmska0695@gmail.com](mailto:tmska0695@gmail.com)>; Virginia Guadalupe García-Rubio <[vggarciar@uaemex.mx](mailto:vggarciar@uaemex.mx)>; Pedro Abel Hernández-García <[pedro\\_abel@yahoo.com](mailto:pedro_abel@yahoo.com)>

**Asunto:** [rchsagt] Decisión del editor/a

JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO, Tomas Escobar-Espinosa, Virginia Guadalupe García-Rubio, Pedro Abel Hernández-García:

Hemos tomado una decisión sobre su envío en Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical, "Utilización de hongos comestibles como alternativa sustentable en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos".

Nuestra decisión es: Aprobado para publicación

---

[Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical](#)

...

## Utilización de hongos comestibles como alternativa sustentable en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos

### Use of edible mushrooms as a sustainable alternative for the control of gastrointestinal nematodes in sheep

Tomás Escobar-Espinosa<sup>1</sup>, Virginia Guadalupe García-Rubio<sup>2</sup>, Pedro Abel Hernández García<sup>2</sup>, Juan José Ojeda-Carrasco<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, MÉXICO, [tescobare830@alumno.uaemex.mx](mailto:tescobare830@alumno.uaemex.mx)

<sup>2</sup> Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, MÉXICO. \*Autor de correspondencia: [jjojedac@uaemex.mx](mailto:jjojedac@uaemex.mx)

#### Resumen

La alta prevalencia de parasitosis asociadas a nematodos gastrointestinales (NGI), afecta los parámetros productivos, disponibilidad de proteína animal y economía del sector ovino mundial. La creciente resistencia de los parásitos a los antihelmínticos comerciales, tiende a agudizar esta problemática. Ante esto, son necesarias estrategias de control rentables y sustentables, capaces de actuar sobre las diferentes fases de desarrollo de los parásitos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto ovicida y larvicida de hongos y sustrato agotado de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* contra NGI de ovinos. Para la obtención de huevos y larvas de NGI, fueron colectadas heces de 20 animales de un rebaño previamente diagnosticado del municipio de Ayapango, Estado de México. Se evaluó el efecto *in vitro* de cuatro concentraciones del hongo y el sustrato agotado (1.2, 2.25, 4.50 y 9 %) por triplicado; como controles: negativo, agua destilada y positivo, ivermectina al 1 %; a tiempos de exposición de 72 h para los huevos; 24 y 48 h para las larvas. El análisis estadístico fue mediante ANOVA. La máxima mortalidad promedio en la inhibición de eclosión de huevos, se observó en la concentración de 9 %, con 78.3 % para los hongos y 69.3 %, para el sustrato agotado. Para las larvas, misma concentración (9 %) a 48 h con promedios de 65.6 y 65.2 %, respectivamente. El uso de *P. ostreatus* y sus sustratos agotados, representan una opción viable para reducir el uso de antihelmínticos comerciales, daños al ambiente e impulsar la ovinocultura sustentable.

**Palabras clave:** Parasitosis, *Pleurotus ostreatus*, sustrato agotado (Tesauros); y resistencia antihelmíntica.

#### Abstract

The high prevalence of parasitic infections caused by gastrointestinal nematodes (GIN) negatively impacts production parameters, the availability of animal protein, and the global sheep farming economy. The growing resistance of parasites to commercial anthelmintics tends to worsen this problem. Consequently, cost-effective and sustainable control strategies are needed that can target the various developmental stages of these parasites. The objective of this study was to evaluate the ovicidal and larvicidal effects of mushrooms and spent substrate from two strains of *Pleurotus ostreatus* against GIN in sheep. To obtain GIN eggs and larvae, fecal samples were collected from 20 animals in a previously diagnosed flock from the municipality of Ayapango, Estado de México. The *in vitro* effect of four concentrations of mushrooms and spent substrate (1.2 %, 2.25 %, 4.50 %, and 9 %) was evaluated in triplicate. Distilled water was used as a negative control and 1 % Ivermectin as a positive control. Exposure times were 72 hours for eggs and 24 and 48 hours for larvae. Statistical analysis was performed using ANOVA. The highest average mortality rate in egg hatch inhibition was observed at the 9 % concentration, with 78.3 % for mushrooms and 69.3 % for the spent substrate. For larvae, the same 9 % concentration after 48 hours resulted in average mortalities of 65.6 % and 65.2 %, respectively. The use of *P. ostreatus* and its spent substrates represent a viable option for reducing reliance on commercial anthelmintics, minimizing environmental damage, and promoting sustainable sheep farming.

**Keywords:** Parasitosis, *Pleurotus ostreatus*, spent substrate (Thesaurus); and anthelmintic resistance.

## 8. DISCUSIÓN

Diferentes estudios realizados a partir de extractos obtenidos a partir de solventes de diferente polaridad, tanto acuosos como hidroalcohólicos (empleando principalmente etanol o metanol) reportan los efectos ovicidas y/o larvicidas en NGI de ovinos, principalmente contra *H. contortus*, el nematodo más prevalente. La presente investigación, en la que se simuló el ambiente ruminal en la preparación de los tratamientos a base de Basidiomas (B) y sustratos agotados (SA) de *P. ostreatus*, hace aportaciones al conocimiento sobre dichos efectos.

De las concentraciones empleadas en los tratamientos existe una diferencia en la eficacia entre los B y el SA de ambas unidades de producción de los hongos: Amecameca (Am) y Tenango del Aire (TdA). En los B la mayor eficacia porcentual en la IEH en Am correspondió a la concentración de 9% (85.7%), seguida de la de 2.25% (69.8%). En contraste, para los B de TdA, la mayor eficacia se alcanzó a la máxima concentración 9% (70.9%), seguida por la de 1.12% (66.3%). De acuerdo con los valores promedio de las distintas concentraciones, los basidiomas de Am tuvieron una mayor eficacia que los de TdA, con 69.4 y 62.4%, respectivamente. En cuanto a los resultados obtenidos de los tratamientos con el SA, en ambos casos las mejores eficacias para Am y TdA se alcanzaron a la máxima concentración (9%), con 77.3 y 61.3%, seguidas por la concentración de 2.25% con 61.1 y 57.9%, respectivamente. Con base en los valores promedio, los SA de TdA mostraron una mayor eficacia larvicida (56.8%) que los provenientes de Am (54.5%). Al comparar los promedios obtenidos a la máxima concentración, los extractos obtenidos a partir de B mostraron una mayor eficacia (78.3%) que los provenientes de SA (69.3%).

En ambos casos (B y SA) para Am y TdA no existió una correlación directa entre efecto y concentración, por las eficacias alcanzadas en cada una de estas, que no muestran una relación directamente proporcional, basada en el supuesto de que mayores concentraciones hay una mayor eficacia. Sin embargo, los resultados del ANOVA, muestran diferencias significativas.

Al comparar la mayor eficacia de IEH (85.7% B-Am [9%]) con la Ivermectina ( $5\mu\text{g}\cdot 50\mu\text{l}^{-1}$ ) usada como control positivo, en la que se obtuvo un 88.4%; se observan valores muy cercanos que muestran que el uso de los hongos representan una alternativa viable de control biológico de los NGI, en el primer estadio del ciclo de vida de estos parásitos.

Comparativamente, la máxima eficacia promedio de IEH obtenida ( $\bar{x}=78.3\%$ , B [9%]) se ubica ligeramente por debajo a la reportada por Páez-León et al., (2022) para la fracción hidroalcohólica de *P. ostreatus*, en la que obtuvieron una IEH=78.8%, pero superior a la reportada para la fase acuosa de 76.9%. Sin embargo, la IEH promedio obtenida es significativamente menor que la reportada por Magalhães de Matos et al., (2020) para extractos acuosos de B a las 72 h y una concentración de  $2.24\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ , del 100%. Así mismo, al de Valdez-Uriostegui et al. (2021) quienes refieren una eficacia de 100% a las 72 h de exposición con extractos hidroalcohólicos metanol-agua (70:30) de B de este hongo, alcanzado a diferentes concentraciones dentro del rango  $12.8$  a  $25.6\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ . De igual forma, la eficacia es menor a la reportada por Cuevas (2019) de 97.6% a las 24 h, obtenida a partir de extractos crudos de *P. ostreatus*.

Con relación a la actividad larvica hubo mayor eficacia a mayor tiempo de exposición (48h) y máxima concentración [9%]. Para los extractos a base de B, a las 24 h y 48 h, se obtuvieron eficacias larvicidas de 60.7 y 65.7% para Am, y de 60.6 y 65.4% para TdA. En contraste, para los tratamientos a partir de SA, los valores obtenidos fueron de 61 y 65.5% para Am y para TdA con 61.1 y 64.9%, respectivamente. Con base en los valores promedio, hubo una mayor eficacia larvica en los tratamientos con extractos de B que los de SA. A las 24h con 57.9 vs 56.9%, y a las 48h con 63.9 vs 63.6%. En todos los casos, la eficacia es superior a la reportada por Magalhães de Matos et al. (2020) a las 72 h [ $17.24\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ ] del 50%. Así mismo, a los de Valdez-Uriostegui et al. (2020) quienes obtuvieron el mayor efecto larvica a partir de extractos hidroalcohólicos de basidiomas etanol: agua (70:30) a la máxima concentración ( $240\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) con 11,8% (24h) y 50,5% (48h). Sin embargo, el promedio máximo de B (57.9%) y SA (63.9%) son menores

a los reportados por Sánchez-Salgado et al. (2021) de 81.49% y Comans-Pérez et al. (2021) de 81.6% a una [200 mg.mL<sup>-1</sup>] a un tiempo de exposición de 72 h.

Respecto a las comparaciones sobre las eficacias alcanzadas en la presente investigación, es pertinente considerar que las diferencias, entre otros aspectos, pueden estar asociadas a las metodologías empleadas, el tipo de extracción y solventes empleados, así como las condiciones de crecimiento de los hongos que pueden introducir variantes importantes en la composición de los metabolitos secundarios presentes en los basidiomas, que son los responsables de la actividad nematocida. Según lo establece Sakamoto (2018) estos metabolitos secundarios están estrechamente vinculados con los procesos de biogénesis, los cuales están determinados por la naturaleza y diversidad de nutrientes presentes en el sustrato en el que se desarrollan. Por ello, las variaciones en la composición del sustrato influyen en el metabolismo secundario de los hongos; y, por tanto, en los compuestos que se sintetizan como resultado de este proceso.

Esto fue demostrado por Chegwin y Nieto (2013), quienes realizaron un estudio en el que compararon la composición química de *P. ostreatus* cultivado en diferentes sustratos. Aunque todos los sustratos tenían idénticos contenidos de sales NaNO<sub>3</sub> (80 mg/L), MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (20 mg/L), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (30 mg/L) y KCl (10 mg/L), las variaciones estuvieron determinadas por los suplementos integrados, a base de harinas de distintos cereales como fuentes de carbono (avena, cebada, trigo, arroz, maíz, soya, salvado de trigo, trigo integral, maíz pinto y amarillo, así como harina de siete granos). Determinaron que la relación carbono-nitrógeno (C/N) y el contenido de carbohidratos en los sustratos, influye en la composición química de los hongos, la producción de metabolitos y el rendimiento de la biomasa de los micelios.

Esto permite comprender el por qué en la presente investigación, a pesar de que se empleó la misma especie de hongo (*P. ostreatus*), los efectos ovicidas y larvicidas fueron diferentes, tanto en los B como en el SA. En el caso de los hongos provenientes de Am, el productor utiliza como sustrato para el cultivo una mezcla de rastrojo de maíz con paja de avena, en tanto que el productor de TdA, sólo paja de trigo.

Aún y con estas variantes en los resultados generados, lo cierto es que los estudios en los que se utiliza a los basidiomas y sustrato de *P. ostreatus* muestran que puede ser una alternativa viable para el control de los parásitos gastrointestinales de los ovinos. En las condiciones actuales, las distintas contribuciones generadas al respecto, deben analizarse desde una visión más amplia, integral y multifactorial, que permita comprender los alcances que esta alternativa puede ofrecer. El enfoque “Una Salud”, permite esta aproximación, al reconocer la intrínseca interrelación que existe entre la salud de los animales, la salud humana y las condiciones del ambiente, como espacio de coexistencia, al subrayar la importancia de la colaboración multidisciplinaria, la vigilancia epidemiológica, la evaluación y gestión de riesgos y la importancia de una respuesta rápida y coordinada, para enfrentar los desafíos que afectan la vida en el planeta (Torres-Castro y Rivero-Juárez, 2023).

En este marco, el control de las parasitosis (y cualquier enfermedad) no sólo tiene importantes repercusiones en la salud y bienestar de los animales, sino que además implica beneficios a la productividad y, por ende, a la disponibilidad de proteína animal, indispensable para el consumo y salud humana (Urbizu-González et al., 2023). El desarrollo de alternativas de control biológico, como ésta en que se analizan los efectos nematocidas de una especie de hongo, además de reducir las pérdidas económicas, favorece el cuidado ambiental. Por un lado, al disminuir los daños provocados por la acumulación de desechos tóxicos provenientes de los fármacos excretados al ambiente en las heces de animales tratados con antihelmínticos comerciales, los cuales dañan el suelo, cuerpos de agua y pastizales donde son alimentados los rebaños.

Debido a que estos antihelmínticos suelen persistir en el suelo, o bien, filtrarse a los cuerpos de agua, son considerados como elementos ecotóxicos que tienden a circular en todas las cadenas alimentarias, al incorporarse junto con los nutrientes en los alimentos de consumo animal y humano. Un aspecto importante es que afectan a las poblaciones de microartrópodos del suelo, responsables de generar servicios a los ecosistemas indispensables, como la descomposición e

integración de la materia orgánica, la mineralización y los ciclos de nutrientes, entre otros (Vokřál et al., 2023).

Por otro lado, esta alternativa fomenta el cuidado al ambiente mediante la utilización de los esquilmos agrícolas en el cultivo de los hongos. Esto favorece la bioeconomía circular, al obtener beneficios adicionales por la optimización de recursos agrícolas disponibles (García y Ojeda, 2022). Esta bioeconomía, al sustentarse en la valoración sostenible y eficiente de los recursos naturales locales, además de representar nuevas oportunidades para el desarrollo regional, tiene un especial potencial para dar impulso a la sostenibilidad ambiental (Cátedra et al., 2024).

En este caso, este modelo económico además de contribuir con estos aspectos, ofrece la posibilidad de aumentar la disponibilidad de alimento de gran valor para la crianza de los ovinos, al emplear los sustratos los cuales además de los esquilmos agrícolas procesados utilizados, están enriquecidos por los remanentes post-cosecha de micelio y primordios de hongos, los cuales aportan grandes beneficios por su composición nutricional asociado a su alto contenido de proteínas, carbohidratos y grasas; así como de minerales como sodio, potasio, calcio, hierro, cobre, zinc y manganeso (Nieto-Juárez et al., 2019), lo que en suma favorece mejores procesos productivos y una ganadería más sustentable.

## 9. CONCLUSIÓN

Los extractos de basidiomas y sustratos agotados de *P. ostreatus* empleados en los tratamientos a su máxima concentración (9%), mostraron efectos ovicidas y larvicidas contra los NGI que afectan a los ovinos integrados en el estudio. Los resultados obtenidos llevan a aceptar la hipótesis planteada, de que estos extractos son una alternativa viable para el control de nematodos gastrointestinales de ovinos sin causar afectaciones al ambiente, en comparación con los daños comprobados que genera el uso de antihelmínticos comerciales en el tratamiento de estas parasitosis. Junto con ello, ante la ausencia de antecedentes al respecto, se demostró que la preparación de los tratamientos a partir de la simulación *in vitro* de la digestión en el ambiente ruminal, empleando ensilado de maíz y líquido ruminal gasificado con CO<sub>2</sub> para garantizar la fermentación anaerobia en el rumen, tal como sucede en condiciones naturales, no influyó en los efectos nematicidas de los basidiomas y sustrato agotado de *P. ostreatus*.

## 10. REFERENCIAS

- Aduci, I., Sajovitz, F., Hinney, B., Lichtmannsperger, Joaquín, A, Wittek, T. & Shiyan Y. (2022). Haemonchosis in Sheep and Goats, Control Strategies and Development of Vaccines against *Haemonchus contortus*. *Animals* (Basel) 12(18), ID 2339. <https://doi.org/10.3390/ani12182339>
- Agarwal, U., Hu, Q., Baldwin, R.L., Bequette, B.J. (2015). Role of rumen butyrate in regulation of nitrogen utilization and urea nitrogen kinetics in growing sheep. *Journal of Dairy Science*, 93(1), 2382-2390. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8738>
- Aguilar-Pumahuillca, F., Huamán-Huamán, H., & Holgado-Rojas, M. (2019). Caracterización de *Pleurotus* sp. aislado de la comunidad nativa de Korimani, centro poblado de Kiteni-Echarate, la Convención, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*, 18(1), 45-50. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i1.1305>
- Aguilar-Tipacamú, G. y Rodríguez- Vivas, R.I. (2002). Uso de la moxidectina para el tratamiento de los parásitos internos y externos de los animales. *Revista Biomédica*, 13 (1), 43-51. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v13i1.295>
- Alvear, D. L. V. (2018). Evaluación de la actividad nematicida del hongo *Pleurotus ostreatus* *in vitro* en diferentes concentraciones sobre dos especies de nematodos. *Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Biotecnología Ambiental*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8933/1/236T0332.pdf>
- André, G.H.L., de Freitas, S.F.E., de Queiroz, J.H., de Souza, G.A., Araújo, J.V., Ribeiro, B.F., Rebouças, P. I., & Megumi, K.M.C. (2015). Activity of the fungus *Pleurotus ostreatus* and of its proteases on *Panagrellus* sp. larvae. *African Journal of Biotechnology*, 14(17), 1496–1503. <https://doi.org/10.5897/ajb2015.14447>
- Antonio-Irinea, N., Flota-Bañuelos, C., Hernández-Marín, A., Arreola-Enríquez, J. y Fraire-Cordero, S. (2021). Preliminary study on the *in vitro* inhibition of

gastrointestinal nematodes from sheep with aqueous extracts of forage plants. *Abanico Veterinario*, 11, 1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.10>

Anusiya G., Gowthama, U., Yamini, N.V., Sivarajasekar, N., Rambabu, K., Bharath, G. & Fawzi, B. (2021) A review of the therapeutic and biological effects of edible and wild mushrooms. *Bioengineered*, 12(2), 11239–11268. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2001183>

Anziani, O. S., & Fiel, C. A. (2015). Resistencia a los antihelmínticos en nematodos que parasitan a los rumiantes en Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(1), 34–46. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86436966008>

Arece, J. y Rodríguez, J. G. (2010). Dynamics of gastrointestinal strongyle infesting larvae in grazing sheep. *Pastos y Forrajes*, 33(1), 1-17. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v33n1/pyf09110.pdf>

Arsenopoulos, K. V., Fthenakis, G. C., Katsarou, E. I., & Papadopoulos, E. (2021). Haemonchosis: A challenging parasitic infection of sheep and goats. *Animals*, 11(2), 1-29. <https://doi.org/10.3390/ani11020363>

Arteaga, C.J.D. (2012). La revista del Borrego. Boletín Borrego No. 8. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. <http://www.borrego.com.mx/archivo/n46/f46diagnostico.php>

Arteaga, M. N., Soria, C.A. y Ordoñez, M.E. (2020). Determinación del potencial nematocida y nematostático *in vitro* de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) sobre larvas J2 de *Globodera pallida* (Stone). *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 41 (1), 45-50. <https://doi.org/10.26807/remcb.v1i41.159>.

Barrón, G.L. & Thorn, R.G. (1987). Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. *Canadian Journal of Botany*, 65, 774-778. <https://doi.org/10.1139/b87-103>

Bekalu, K., Rahmeto, A., Berhanu, M., Desie, S., & Mesele, A. (2019). Prevalence and intensity of gastrointestinal nematodes infection in sheep and goats in

- semi-intensively managed farm, South Ethiopia. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 11(1), 1–5. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2018.0705>
- Beltrán, D.Y., Morris, H., Domínguez, O. D., Batista, P. y Llauradó, G. (2021). Composición micoquímica y actividad antioxidante de la seta *Pleurotus ostreatus* en diferentes estados de crecimiento. *Acta Biológica Colombiana* 26(1), 89-98. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n1.84519>
- Bennet, E. M. & Bryant, C. (1984). Energy metabolism of adult *Haemonchus contortus* *in vitro*: a comparison of benzimidazole-susceptible and -resistant strains. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 10(3), 335-346. [https://doi.org/10.1016/0166-6851\(84\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0166-6851(84)90031-8)
- Bobadilla-Soto, E. E., Flores-Padilla, J. P., & Perea-Peña, M. (2017). Comercio exterior del sector ovino mexicano antes y después del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. *Economía y Sociedad*, 11(37), 35–49. <https://www.redalyc.org/journal/510/51054506003/html/>
- Bobadilla-Soto, E.E., Ochoa-Ambriz, F., Flores-Padilla, J. P. y Perea-Peña, M. (2020) Desplazamiento de unidades de producción ovinas en México por el efecto de las importaciones de ovinos en carne y vivos, Capítulo 7 [en] Martínez, C, F. E. y Herrera, T. F (Coords). *Aprendizajes y trayectorias del sector agroalimentario durante el TLCAN*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Universidad Autónoma del Estado de México. Pp. 141-162. <https://www.researchgate.net/publication/342820081>
- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F. y Perea-Peña, M. (2021). Lamb production and consumption dynamic in Mexico from 1970 to 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 963-982. <http://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>
- Burke, J. M. & Miller, J. E. (2020). Sustainable approaches to parasite control in ruminant livestock. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 36(1), 89-107. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.007>

- Castagna, F., Britti, D., Oliverio, M., Bosco, A., Bonacci, S., Iriti, G., Ragusa, M., Musolino, V., Rinaldi, L., Palma, E., & Musella, V. (2020). *In vitro* Anthelmintic Efficacy of Aqueous Pomegranate (*Punica granatum* L.) Extracts against Gastrointestinal Nematodes of Sheep. *Pathogens*, *9*(12), 1063. <https://doi.org/10.3390/pathogens9121063>
- Cátedra, M., Capote, C., Lasarte, J., Gurría, P., M'barek, R., Ortiz, E., Argüelles, M. & Sayadi, S. (2024). Circular bioeconomy, the key to sustainable territorial development. *Revista de Investigación y Transferencia en Bioeconomía Circular y Sostenible*, (5), 87-110. <https://helvia.uco.es/handle/10396/32953>
- Cepeda, M. E.R. (2017). Estudio parasitológico de nematodos gastrointestinales en ovinos del Municipio de Ubaté, Cundinamarca. *Tesis Doctoral*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2312/1/TGT-947.pdf>
- Cepeda E. M. H., Castillo, M. y Ramos, F. (2021). Chabertosis en ovinos y caprinos, BM Editores. <https://bmeditores.mx/ganaderia/articulos-ganaderia/pequenos-rumiantes/chabertiosis-en-ovinos-y-caprinos/>
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Small ruminant production systems in Mexico and their effect on productive sustainability. *Revista MVZ Córdoba*, *27*(1), e2246. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2246>
- Chegwin, A. C., & Nieto I. J. (2013). Influencia del medio de cultivo en la producción de metabolitos secundarios del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado por fermentación en estado líquido empleando harinas de cereales como fuente de carbono. *Revista Mexicana de Micología*, (37), 1-9. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v37/v37a2.pdf>
- Claerebout, E., de Wilde, N., van Mael, E., Casaert, S., Velde, F. vande, Roeber, F., Veloz, P. V., Levecke, B., & Geldhof, P. (2020). Anthelmintic resistance and common worm control practices in sheep farms in Flanders, Belgium.

*Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 20, 100393.  
<https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100393>

Colmenares, C.E., González-Cortázar, M., Castañeda-Ramírez, G.S., Andrade-Gallegos, R.H., Sánchez, J.E. & Aguilar-Marcelino, L. (2021). Nematocidal activity of hydroalcoholic extracts of spent substrate of *Pleurotus djamor* on L3 larvae of *Haemonchus contortus*, *Veterinary Parasitology*, 300: ID 109608. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109608>.

Comans-Pérez, R. J., Sánchez, J. E., Tawfeeq, A. L. K., González-Cortázar, M. Castañeda-Ramírez, G. S., Mendoza-de Gives, P., Sánchez-García, A. D., Millán-Orozco, J. & Aguilar-Marcelino, L. (2021). Biological control of sheep nematode *Haemonchus contortus* using edible mushrooms. *Biological Control*, 152, ID 104420. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104420>

COMECARNE (2021). *Compendio Estadístico 2021*. Consejo Mexicano de la carne. [https://comecarne.org/wp-content/uploads/2021/07/Compendio\\_Estad%C3%ADstico\\_2021\\_VF.pdf](https://comecarne.org/wp-content/uploads/2021/07/Compendio_Estad%C3%ADstico_2021_VF.pdf)

COPLADEM (19 de marzo de 2022). *Plan de Desarrollo Municipal Ayapango 2022-2024*. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México. [https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/Mpales-2022-2024/Ayapango\\_PDM\\_2022\\_2024.pdf](https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/Mpales-2022-2024/Ayapango_PDM_2022_2024.pdf)

Cortés, A., Rooney, J., Bartley, D. J., Nisbet, A. J. & Cantacessi, C. (2020). Helminths, hosts, and their microbiota: new avenues for managing gastrointestinal helminthiasis in ruminants. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 18(10), 977-985. <https://doi.org/10.1080/14787210.2020.1782188>

Cruz, A.J. (2017). Estudio químico dirigido de cuerpos fructíferos del hongo comestible: *Pleurotus eryngii* con actividad nematocida. *Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural*. El Colegio de la Frontera Sur. <https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/1017/2057/1/1000058409>

- Cruz, R. M. (2021). Prácticas sustentables de control parasitario. *Ciencia hoy*, 27(17), ID 1539. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1539>
- Cuevas, P. E. J. (2019). Evaluación *in vitro* de extractos crudos de *Pleurotus sp.*, y la participación de sus proteínas contra *Haemonchus contortus*. Tesis de Maestría en Biotecnología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <https://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/905/CUPEDD00T.pdf?sequ>
- De Jesús-Martínez, X., Olmedo-Juárez, A., Olivares-Pérez, J., Zamilpa, A., Mendoza-de Gives, P., López-Arellano, M. E., Rojas-Hernández, S., Villa-Mancera, A., Camacho-Díaz, L. M. & Cipriano-Salazar, M. (2018). *In vitro* Anthelmintic Activity of Methanolic Extract from *Caesalpinia coriaria* J. Willd Fruits against *Haemonchus contortus* Eggs and Infective Larvae. *Biomed Research International*, 2018, ID 7375693. <https://doi.org/10.1155/2018/7375693>
- Degenkolb, T. & Vilcinskis, A. (2016). Metabolites from nematophagous fungi and nematicidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(9), 3799–3812. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-7233-6>
- Demeler, J., Schein, E. & von Samson-Himmelstjerna, G. (2012). Advances in laboratory diagnosis of parasitic infections of sheep, *Veterinary Parasitology*, 189(1), 52-64, <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.032>
- Díaz-Sánchez, C. C., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., Vargas López, S., Delgado-Alvarado, A., Hernández-Mendo, O., & Casiano-Ventura, M. Á. (2018). Evaluación de la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de ovinos en la región de Libres, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(2), 263-277. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4495>

- DOF (16 de octubre de 1995). Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995 “Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos”. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995\\_161095.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995_161095.pdf)
- Domke, A.V., Chartier, C., Gjerde, B., Leine, N., Vatn, S., Østerås, O. & Stuen, S. (2011). Worm control practice against gastro-intestinal parasites in Norwegian sheep and goat flocks. *Acta Veterinaria Scandinavica* 53, Article 29. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-29>
- Dugassa, J., Hussein, A., Kebede, A., & Mohammed, C. (2018). Prevalence and Associated Risk Factors of Gastrointestinal Nematodes of Sheep and Goats in Ziway Dugda District, Eastern Arsi Zone of Oromia Regional State, Ethiopia. *ARC Journal of Animal and Veterinary Science*, 4(2), 6-14. <http://dx.doi.org/10.20431/2455-2518.0402002>
- Edith, R., Meignanalakshmi, S., Vijayarani, K. & Balagangatharathilagar, M. (2023). *In vitro* evaluation of antiparasitic activity of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) protein hydrolysates against *Haemonchus contortus* larvae. *The Pharma Innovation Journal* 12(3), 5882-5885. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue3/PartBL/12-3-695-513.pdf>
- Emery, D. L, Hunt, P.W. & Le Jambre, L. F. (2016). *Haemonchus contortus*: the then and now, and where to from here? *International Journal for Parasitology*, 46 (12): 755–769, <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.07.001>
- Espejel-García, A., Barrera-Rodríguez, A. I., Rodríguez-Moreno, A. y Santiago-Vargas, M. de L. (2015). Caracterización de los productores y dinámica de adopción de innovación en el Municipio de Villa Victoria, Estado de México. *Revista Ra Ximhai*, 11(5), 17–34. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46142593001.pdf>

- Fayaz, M.R., Abbas, R.Z., Abbas, A., Khan, M.K., Raza, M. A., Israr, M., Junaid, A., Mahmood, M.S., Saleemi, M.K., Rehman, T.U., Zaman, M. A. & Sindhu, Z. ud D. (2019). Potential of botanical driven essential oils against *Haemonchus contortus* in small ruminants. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 18(6), 533-543. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/107/100>
- FAOSTAT (2022). *Food and agriculture data: Environment Livestock Trends*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/WCAD>
- Febres, O. A., & Vergara-López, J. (2007). Propiedades físicas y químicas del rumen. *Archivos de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 15(1), 133–140. <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/53078>
- García, C. D. J., Pulido, M. M. O., & Díaz, A. A. M. (2016). Uso de hongos hematófagos en el control biológico de nematodos gastrointestinales en ovinos. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 7(2), 40–49. <https://doi.org/10.22335/rict.v7i2.236>
- García, R. V. G., y Ojeda, C. J. J. (2022). Etnoveterinaria y bioeconomía circular para el impulso de la ovinocultura local y la sustentabilidad ambiental. *Albéitar, Publicación para especialistas en rumiantes (España)*, (253), 32-37. [https://issuu.com/editorialservet/docs/albeitar253\\_mr/s/15009053](https://issuu.com/editorialservet/docs/albeitar253_mr/s/15009053)
- González, G. R., Córdova, P. C., Torres, H. G., Mendoza, de G. P. & Arece, G.J. (2011). Prevalence of gastrointestinal parasites in slaughtered sheep at a slaughterhouse in Tabasco, Mexico. *Veterinaria México*, 42(2), 125-134. <https://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v42n2/v42n2a3.pdf>
- González, M. V., Tapia, M. M. (2017). Manual de Manejo Ovino. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. *Boletín INIA*, 368: 1-158. [https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/2017\\_386](https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/2017_386)
- González-Cortázar, M., Sánchez, J. E., Huicochea-Medina, M., Hernández-Velázquez, V. M., Mendoza-De-Gives, P., Zamilpa, A., López-Arellano, M. E.,

- Pineda-Alegriá, J. A., & Aguilar-Marcelino, L. (2021). *In vitro* and *in vivo* nematocidal effect of extract fractions of *Pleurotus djamor* against *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food*, 24(3), 310–318. <https://doi.org/10.1089/jmf.2020.0054>
- González-Garduño, R., Navarro, M. F. & Arece-García, J. (2014). Presence of *Cooperia curticei*, *C. punctata* and *Trichostrongylus colubriformis*, (Strongylida: Trichostrongylidae) in Tabasco, Mexico, *Revista de Salud Animal*, 36(3), 159-163, <http://scielo.sld.cu/pdf/ras/v36n3/ras04314.pdf>
- Gómez-Rodríguez, O., Pineda-Alegriá, J.A., Castañeda-Ramírez, G.S., González-Cortázar, M., Sánchez, J.E. y Aguilar-Marcelino, L. (2022). *In vitro* nematocidal activity of the *Pleurotus djamor* PdR-2 fraction against J2 of *Meloidogyne enterolobii*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(2), 254-262. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2202-2>
- Hernández-Marín, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2017). Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agroproductividad*, 10(3), 87–93. <https://revista-Agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/975>
- Hernández-Martínez, J., Ortiz-Rivera, M. I., Rebollar-Rebollar, S., Guzmán-Soria, E. y González-Razo F. J. (2013). Marketing of hair sheep production in municipalities of Tejupilco y Amatepec of the State of Mexico. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 195-201. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v24n1/a18v24n1.pdf>
- Herrera, H. J. G., Álvarez, F. G., Bárcena, G. R. & Núñez, A. J. M. (2019). Caracterización de los rebaños ovinos en el sur de Ciudad de México, México. *Acta Universitaria*, 29, e2022: 1–15. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2022>
- Herrera, P. J., Rosales, B. X., Sánchez, S. P., Torres, S. N., Ayala, M. M. A., Portela, D. D. F. & Hernández, V. D. (2021). Degradación de sustratos

lignocelulósicos y producción de biogás *in vitro* por fermentación sólida con *Pleurotus ostreatus*. *Agrociencia*, 55(1), 37–53. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i1.2346>

Hinney, B., Schoiswohl, J., Melville, L., Ameen, V. J., Wille-Piazzai, W., Bauer, K., Joachim, A., Krücken, J., Skuce, P. J., & Krametter-Frötscher, R. (2020). High frequency of benzimidazole resistance alleles in trichostrongyloids from Austrian sheep flocks in an alpine transhumance management system. *BMC Veterinary Research*, 16(1), 132. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02353-z>

Hoste, H. & Torres-Acosta, J. F. J. (2011). Non-chemical control of helminths in ruminants: Adapting solutions for changing worms in a changing world. *Veterinary Parasitology*, 180(1-2), 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.035>.

Jiang, X., Xiang, M. & Lu, X. (2017). Nematode-Trapping Fungi. *Microbiology spectrum*, 5(1): ID 0022-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0022-2016>.

Junquera, P. (2021). *Skrjabinema* spp en el ganado ovino y caprino: biología, prevención y control, [https://parasitipedia.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=163&Itemid=243](https://parasitipedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=163&Itemid=243)

Kahn, L. P. & Woodgate, R. G. (2012). Integrated parasite management: Products for adoption by the Australian sheep industry. *Veterinary Parasitology*, 186(1-2), 58-64. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.046>

Kittelmann, S., Seedorf, H., Walters, W.A., Clemente, J.C., Knight, R., Gordon, J.I. & Janssen, P. H. (2013). Simultaneous amplicon sequencing to explore co-occurrence patterns of bacterial, archaeal and eukaryotic microorganisms in rumen microbial communities. *PLoS ONE*. 2(1), 1112-1126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047879>

Kuiseu, J., Zinsou, F. T. A., Oloundale, P. A., Alowanou, G. G., Adeline, A. D., Dansou, C. C., Hounzangbe-Adote, S., Babayemi, O. J. & Etorh, P. A. (2021).

- Prevalence, effects and alternative control methods of *Haemonchus contortus* in small ruminants: A review. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 13(2), 84–97. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2020.0868>
- Liébano, H. E., López, A. M. E., Mendoza de G. P y Aguilar, M. L. (2011). Manual de Diagnóstico para la identificación de larvas de nematodos gastrointestinales en rumiantes. Manual Especial no. 2. pp. 1 - 48. Ciudad de Jiutepec, Morelos, México, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias ISBN: 978-607-425-694-9
- López, C.F. (2008). *Cuidado sanitario del ganado ovino para carne*. Hojas Divulgadoras HD 9/2008: 1-24. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2008\\_09.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2008_09.pdf)
- López-Rodríguez, G., Zaragoza-Bastida, A., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld, M. C., y Rivero-Pérez, N. (2023). Gastrointestinal nematodes in sheep and their anthelmintic resistance. A subject under discussion in Mexico. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(2), 116-129. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200116>
- López-Ruvalcaba, O. A., González-Garduño, R., Osorio-Arce, M. M., & Díaz-Rivera, P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 223–234. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n2/v4n2a8>
- Magalhães de Matos, A. F. I., Trevisan, L., Giacometti, M., Martins, B. B., Correia, V. F. R., Roulím, S. D., & Gonzalez, M. S. (2020). Nematocidal effect of oyster culinary-medicinal mushroom *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) against *Haemonchus contortus*. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 22(11), 1089-1098. <http://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2020036364>
- Márquez, L. D. (2003). Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. *Revista Corpoic*, 4(1), 55-71. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol4\\_num1\\_art:14](https://doi.org/10.21930/rcta.vol4_num1_art:14)

- Martínez, V.M. (2006). Estudios sobre la infección por *Teladorsagia circumcincta* en ovinos de raza churra: Criterios y métodos para la identificación de animales resistentes, *Tesis Doctoral*, Universidad de León (España), <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/1624>
- Martínez-Peña, M., Villagómez-Cortés, J. A., & Mora-Brito, Á. H. (2018). Rentabilidad del sistema de producción ovina en el Bajo Mixe, Oaxaca, México. *Agrociencia*, 52, 107–122. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1743>
- Melnychuk, V. V. & Reshetylo, O. I. (2020). Morphological characteristic of *Skrjabinema ovis* (Nematoda, Oxyuridae) obtained from domestic sheep. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(3), 378-383, <https://doi.org/10.15421/022058>
- Mondragón-Ancelmo, J., García-Hernández, P., Rojas-Sandoval, L. A., Domínguez Vara, I. A., Gómez-Tenorio, G. & Rebollar, R. S. (2018). Caracterización de consumidores agroindustriales de carne de pequeños rumiantes en el Estado de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (74), 17–24. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2018741717>
- Montañez, P. L. F. (2020). Efecto del extracto hidroalcohólico del hongo comestible *Neolentinus ponderosus* sobre el nematodo *Haemonchus contortus*. *Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Naturales*, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1318>
- Morales, G., Pineda, L. A. y Sandoval, E. (2006). La estrogilosis digestiva de los ovinos a pastoreo en Venezuela. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(11), 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612653017.pdf>
- Morales, G. y Pino, L. A. (2016). Métodos de control de los nematodos gastroentéricos de ovinos y caprinos. *Food and Agriculture Organization*, <https://www.fao.org/4/U1200T/u1200T0d.htm>

- Mphahlele, M., Tsotetsi-Khambule, A. M., Moerane, R., Komape, D. M., & Thekiso, O. M. M. (2021). Anthelmintic resistance and prevalence of gastrointestinal nematodes infecting sheep in Limpopo Province, *South Africa. Veterinary World*, 14(2), 302–313. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.302-313>
- Munguía, J.C. (2018). Ostertagiosis ovina, LAVET. <http://www.lavet.com.mx/ostertagiosis-ovina>.
- Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., & Reyes-López, W. A. (2019). Preliminary study of the nutritional composition of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* grown in coffee pulp. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 85(4), 423-431. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n4/2309-8740-rsqp-85-04-422.pdf>
- Ninamancco, C.A.C., R. Pinedo y A. Chávez (2021). Frecuencia de nematodos gastrointestinales en ovinos de tres distritos de la Región Ancash, Perú, *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2): e20021 <http://dx.doi.org/10.15381/rivpe.v32i2.20021>
- Niño, Á. D., Villalba, O. M., Barraza, A. B. y Medina, B. A. M. (2021). *Pleurotus*: Un hongo comestible con propiedades nutricionales, medicinales e importancia ambiental. *Microciencia: Investigación, desarrollo e innovación*, 10, 134148. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/microciencia/article/view/10084>
- Ojeda-Robertos, N. F., Torres-Acosta, J. F. J., Mendoza-de-Gices, P. González-Garduño, R., Valero-Coss, R. O., Liébano-Hernández, E. & Ayala-Burgos, A.J. (2015). Optimizing the use of *Duddingtonia flagrans* chlamydozoospores against *Haemonchus contortus* in feces of sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, (18), 259-265. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93944043002.pdf>
- Olivares, O. J. L. (2002). *Oesophagostomum columbianum*: puesta en evidencia, caracterización y control en ovinos de la región de Huichapan, Estado de Hidalgo, México. *Revista de Salud Animal*, 24(2), 63-78. [https://biblat.unam.mx/en/revista/revista-de-salud-animal/24\\_2](https://biblat.unam.mx/en/revista/revista-de-salud-animal/24_2)

- Oliveros, R. & Cutillas, C. (2003). Redescrición de *Trichuris ovis* (Nematoda) (Abildgaard, 1795) parásito de *Ovis aries* (Linné, 1758) y *Capra hircus* (Linné, 1758). *Revista Ibérica de Parasitología*, 63(3-4),77-83, <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/52435/cutillas4.pdf?sequence=1>
- Olmedo-Juárez, A., De Jesús-Martínez, X., Rojas-Hernández, S., Villa-Mancera, A., Romero-Rosales, T. y Olivares-Pérez, J. (2022). Eclosion inhibition of *Haemonchus contortus* eggs with two extracts of *Caesalpinia coriaria* fruits. *Revista BioCiencias* 9, e1121. <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1121>
- Ortiz, de M. C. M., Torres, A. J. F. J., Ojeda, R. N.F., González, R. L. y Muñoz, M. S. A. (2022). Manejo Integrado de Parásitos en Pequeños Rumiantes. *Bioagrocencias*, 15(2), 1-10. <http://doi.org/10.56369/BAC.4463>
- Pacheco, H. A. y Jerónimo H. D. I. (2023). Alimentación de pequeños rumiantes em pastoreo del trópico. *Brazilian Journal of Development*, 9(12), 31017-31039. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n12-030>
- Páez-León, S. (2018). Actividad nematocida de extractos de sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* y *Moringa oleifera* contra nematodos de importancia agropecuaria". Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Biotecnología. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. pp. 69-72.
- Páez-León, S. Y., González-Cortázar, M., Sánchez-Vázquez, J. E., Torres-Acosta, J. F. J., Téllez-Téllez, M. García-Flores, A., Castañeda-Ramírez, G. S. and Aguilar-Marcelino, L. (2022). Bio-directed chemical study of *Pleurotus ostreatus* spent substrate and its nematocidal activity. *Acta Parasitológica* 67(4), 1603-1611. <http://doi.org.10.1007/s11686-022-00600-x>
- Pearson, R. D. (2020). Estrongilodiasis. *Manual MSD*, <https://www.msdmanuals.com/es-mx/professional/enfermedades-infecciosas/nematodos-gusanos-redondos/estrongiloidiasis>
- Pérez-Bautista, J. J., Martínez-Martínez, R., Hernández-Mogica, M., González-Lemus, T., Austria-Hernández I. J. y Mendoza-Pedroza, S.I. (2021). Identification and counting of gastrointestinal parasites in dorper sheep, in

- Atlapexco, Hidalgo, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, (Núm. Esp. II), e2873. <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2873>.
- Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Basto-Estrella, G. S., Reyes-Novelo, E., Martínez-Morles, I., Ojeda-Chi, M. M. y Favila, M.E. (2018). Toxicity and adverse effects of macrocyclic lactones on dung beetles: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(4), 1293-1314. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2508>
- Pineda-Alegría, J. A., Sánchez-Vázquez, J. E., González-Cortazar, M., Zamilpa, A., López-Arellano, M. E., Cuevas-Padilla, E. J., Mendoza-De-Gives, P., & Aguilar-Marcelino, L. (2017). The Edible Mushroom *Pleurotus djamor* Produces Metabolites with Lethal Activity against the Parasitic Nematode *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food*, 20(12), 1184–1192. <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.0031>
- Pineda-Alegría, J. A., Sánchez, J. E., González-Cortazar, M., Von Son-De Fernex, E., González-Garduño, R., Mendoza-de Gives, P., Zamilpa, A., & Aguilar-Marcelino, L. (2020). *In vitro* nematocidal activity of commercial fatty acids and  $\beta$ -sitosterol against *Haemonchus contortus*. *Journal of Helminthology*, (94), e135. <https://doi.org/10.1017/S0022149X20000152>
- Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A. & Mendoza-de Gives, P. (2021). Control and prevention of nematodiasis in small ruminants: background, challenges and outlook in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(Supl. 3), 186–204. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5840>
- Rivero-Perez, N., Jaramillo-Colmenero, A., Peláez-Acero, A., Rivas-Jacobo, M., Ballesteros-Rodea, G., & Zaragoza-Bastida, A. (2019). Anthelmintic activity of *Leucaena leucocephala* pod on gastrointestinal nematodes of sheep (*in vitro*). *Abanico Veterinario*, 9(1), 1-9. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.95>
- Rodríguez, V.R.I., Torres, J.F., Aguilar, A. J., Bolio, M., Ramírez, G. y Cob, L. (2010). Helminths gastrointestinales que afectan la salud de los animales [en] Durán, R. y M. Méndez (Eds). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en*

Yucatán, CICY. Capítulo 5. Enfermedades asociadas a la Biodiversidad, <https://www.cicy.mx/sitios/biodiversidad-y-desarrollo-humano-en-yucatan#Cap5>

Rodríguez, C. R. (2013). Vademécum Académico de Medicamentos. 6ª. Edición, UNAM-McGraw-Hill Interamericana.

Rodríguez, C. J. del C., Moreno, M. S., Hernández, H. J., Robles, R. M. & Rodríguez, C. E. L. (2017). El indicador CASI en la rentabilidad ovina. *Revista Mexicana de Agronegocios*, (41), 764–777. <https://www.redalyc.org/journal/141/14153918010>

Rodríguez, B. T. M. (2022). Evaluación *in vitro* del efecto letal en huevos y larvas (L3) de *Haemonchus contortus* de diez extractos hidroalcohólicos de diferentes mezclas de sustrato degradado de *Pleurotus ostreatus*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <https://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2727>

Rodríguez-Martínez, R., Mendoza-de-Gives, P., Aguilar-Marcelino, L., López-Arellano, M. E., Gamboa-Angulo, M., Hanako Rosas-Saito, G., Reyes-Estébanez, M., & García-Rubio, V. G. (2018). *In vitro* Lethal Activity of the Nematophagous Fungus *Clonostachys rosea* (Ascomycota: Hypocreales) against Nematodes of Five Different Taxa. *BioMed Research International*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/3501827>

Rodríguez, P. C. & Obrador, V. G.T. (2013). Fichero Farmacológico, Capítulo 26: Antihelmínticos . McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez de León, A. A., Silva Villela, H., Torres-Acosta, J. F. de J., Fragoso Sánchez, H., Romero Salas, D., Rosario Cruz, R., Saldierna, F., & García Carrasco, D. (2017a). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 61. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>

Rodríguez-Vivas, R., Pérez-Cogollo, L., Trinidad-Martínez, I., Ojeda-Chi, M. y González-Santana, M. (2017b). Primer reporte de infección natural de

*Nematodirus filicollis* en un ovino del trópico sub-húmedo mexicano, *Revista MVZ Córdoba* 22(3):6256-6265. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v22n3/0122-0268-mvz-22-03-06256.pdf>

Ronquillo, J. C. C., Quintana, F. U., Hernández, J. E. H., Espíndola, G. G. A., Peralta, F. B., Meneses, E. C. F., González, M. Á. Z., & Rosas, A. P. (2021). Prevalence of gastrointestinal parasitism in two yearly epochs, in hairy ovines of the Mexican southeast. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 4898–4907. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-008>

Sagués, M. F., Purslow, P., Fernández, S., Fusé, L., Iglesias, L. & Saumell, C. (2011). Nematophagous fungi used for the biological control of gastrointestinal nematodes in livestock and administration routes. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(4), 143-147. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2011.06.009>

Sakamoto, Y. (2018). Influences of environmental factors on fruiting body induction, development and maturation in mushroom-forming fungi. *Fungal Biology Reviews*, 32(4), 236-248. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2018.02.003>

Salgado-Moreno, S., Carrillo-Díaz, F., Escalera-Valente, F & Delgado-Camarena, C. (2017). Tests to identify resistant sheep to gastrointestinal parasites in San Pedro Lagunillas Nayarit. *Abanico Veterinario*, 7(3), 63-71. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.73.7>

Sánchez-Salgado, S. F., Castañeda-Ramírez, G. S., Sánchez, J. E., Gómez-Rodríguez, O., Morales-Soto, I., & Aguilar-Marcelino, L. (2021). Actividad nematocida *in vitro* de tres cepas de hongos comestibles de *Pleurotus* spp. contra *Haemonchus contortus* (L3) y *Nacobbus aberrans* (J2). *IBCIENCIAS*, 4(1), 9–13. <http://biociencias.unach.mx/ibciencias/doc/volumen4num1B.pdf>

Selemon, M. (2018). Review on Control of *Haemonchus contortus* in Sheep and Goat. *Journal of Veterinary Medicine and Research*, 5(5), ID 1139. <https://www.jsmedcentral.com/public/assets/articles/veterinarymedicine-5-1139>

- SIACON (2022). Producción pecuaria (Reportes Anuales). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta*. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- SIAP (2022). *Anuario Estadístico de la Producción Ganadera*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [https://nube.siap.gob.mx/poblacion\\_ganadera](https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera)
- Sierra, M.J.A. (2014). Evaluación de la acción nematicida in vitro e in vivo de especies de *Pleurotus* spp., sobre los nematodos *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. asociados a los cultivos de tomate y plátano. *Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias*, Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53911>
- Solís-Carrasco, J., Gaxiola-Camacho, S., Enríquez-Verdugo, I., Portillo-Loera, J., López-Valencia, G. & Castro-del-Campo, N. (2021). Environmental factors associated with the prevalence of *Haemonchus* spp in lambs from the central zone of Sinaloa, *Abanico Veterinario*, 11, 1-14, <https://doi.org/10.21929/abavet2021.41>.
- STATISTA (2024). Producto interno bruto (PIB) del sector pecuario en México del primer trimestre de 2017 al cuarto trimestre de 2023 (en millones de pesos mexicanos). <https://es.statista.com/estadisticas/608600/pib-del-sector-de-la-ganaderia-en-mexico/>
- Sun Y. & J. Liu (2009) Purification, structure and immunobiological activity of a water-soluble polysaccharide from the fruiting body of *Pleurotus ostreatus*. *Bioresource Technology*, 100: 983-986. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.036>.
- Szewc, M., De Waal, T. & Zintl A. (2021). Biological methods for the control of gastrointestinal nematodes. *Veterinary Journal* (268): ID 105602. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105602>
- Téllez, T. M. (2021). Evaluación *in vitro* del efecto letal en huevos y larvas (L3) de *Haemonchus contortus* de diez extractos hidroalcohólicos de diferentes

mezclas de sustrato degradado de *Pleurotus ostreatus*. *Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Naturales*, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2727>

- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., Mcallan, A.B.; France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48(3-4), 185-197. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
- Toro, A., Rubilar, L., Palma, C. y Pérez, R. (2014). Anthelmintic resistance of gastrointestinal nematode in sheep treated with ivermectin and fenbendazole. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(2), 247-252. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000200010>
- Torres-Castro, M. A., y Rivero-Juárez, A. (2023). Antecedentes, definiciones y desafíos sobre el enfoque “Una Salud” en Medicina Veterinaria. *Bioagrocencias*, 16(2), 16-28. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/view/5149/2162>
- Tórtora, P. J. L. (2012). Manejo sanitario del rebaño ovino [en] Reyes, G.M.E., Sánchez, H., y Peralta, M. *Producción Ovina: Integración del manejo para la mejora productiva*, Editorial Académica Española. <https://www.abebooks.com/9783846567937>
- Traversa-Tejero, I.P. y Gonçalves-Lopes, R. (2017). Manejo de la verminosis ovina en la agricultura familiar en Pinheiro Machado, Brasil. *Agronomía Mesoamericana*. 28(3):691-701. <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i3.23348>.
- Urbizu-González, A. L., Vázquez-Ruiz, L., Ceballos-Olvera, I., Hernández-Cabrera, W., González-Alanís, P., Goldaracena-Olvera, M. & Vázquez-Sauceda, M. de la L. (2023). One Health: a Veterinary perspective. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1(1), 59-69. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i1.5>
- Valdez-Uriostegui, L.A., Sánchez-García, A.D., Zamilpa, A., Sánchez, J.E., González-Garduño, R., Mendoza-de Gives, P., Castañeda-Ramírez, G.S.,

- González-Cortázar, M. & Aguilar-Marcelino, L. (2021). *In vitro* evaluation of hydroalcoholic extracts of mycelium, basidiomata and spent substrate of *Pleurotus ostreatus* against *Haemonchus contortus*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, ID 62: 1-10. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3272>
- Vázquez-Martínez, I., Jaramillo-Villanueva, J.L., Bustamante-González, A., Vargas-López, S., Calderón-Sánchez, F., Torres-Hernández, G. & Pittroff, W. (2018). Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 85–97. <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n1/1870-5472-asd-15-01-85-en.pdf>
- Vokřál, I., Podlipná, R., & Matoušková, P. (2023). Anthelmintics in the environment: Their occurrence, fate, and toxicity to non-target organisms. *Chemosphere*, 345, ID 140446. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140446>
- Von Englehart, W. & Breves, G. (2005). *Fisiología Veterinaria*. Acribia, 704 pp.
- Wang, C. R., Qiu, J. H., Zhu, X. Q., Han, X.H., Ni, H. B., Zhao, J. P., Zhou, Q. M., Zhang, H. W. & Lun, Z. R. (2006). Survey of helminths in adult sheep in Heilongjiang Province, People's Republic of China. *Veterinary Parasitology*, 140(3), 378–382. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.008>
- Wang, C.R., Gao, J.F. & Q. Zhao (2012). Characterization of *Bunostomum trigonocephalum* and *Bunostomum phlebotomum* from sheep and cattle by internal transcribed spacers of nuclear ribosomal DNA, *Research in Veterinary Science*, 92(1), 99-102, <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.10.024>
- Zajíčková, M., Nguyen, L. T., Skálová, L., Raisová Stuchlíková, L., & Matoušková, P. (2020). Anthelmintics in the future: current trends in the discovery and development of new drugs against gastrointestinal nematodes. *Drug Discovery Today*, 25(2), 430–437. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2019.12.007>
- Zapata, S. R., Velásquez, V. R., Herrera, O. L. V., Ríos, O. L. & Polanco, E. D. N. (2016). Prevalencia de nematodos gastrointestinales en sistemas de

producción ovina y caprina bajo confinamiento, semiconfinamiento y pastoreo en Municipios de Antioquia, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 27(2), 344. <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11647>

Zaragoza-Bastida, A., Rodríguez-Salazar, E., Valladares-Carranza, B., Rivas-Jacobo, M., Herrera-Corredor, A. y Rivero-Perez, N. (2019). Cassia fistula extract as alternative treatment against gastrointestinal nematodes of sheep. *Abanico Veterinario*, 9, 1-10. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.92>

Zeng, Y., Zeng, D., Ni, X., Zhu, H., Jian, P., Zhou, Y., Xu, S., Lin, Y., Li, Y., Yin, Z., Pan, K. & Jing, B. (2017). Microbial community compositions in the gastrointestinal tract of Chinese Mongolian sheep using illumine MiSeq sequencing revealed high microbial diversity. *AMB Express* 7(75):2-10. <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0378-1>