



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

DIRECCIÓN DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

TRABAJO DE TITULACIÓN

MODALIDAD: ARTÍCULOS PROFESIONALES DE ALTO NIVEL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN

CIENCIAS VETERINARIAS

TEMA:

**“ESTUDIO DE PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE
Haemonchus contortus EN OVINOS DE LA PARROQUIA GUANUJO”.**

AUTOR

DRA. MARIA FELICIDAD MOREJON GARCIA

TUTOR

Dr. Isidro Favian Bayas Morejón, PhD

GUARANDA - ECUADOR

2026

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

A quien interese.

Dr. Isidro Favian Bayas Morejón, PhD

C E R T I F I C A:

Que, el Trabajo de Titulación denominado: **“ESTUDIO DE PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE *Haemonchus contortus* EN OVINOS DE LA PARROQUIA GUANUJO”**, título que ha sido modificado por recomendaciones directas de la editorial y revista científica en la desición final, quedando el título de la siguiente manera en español: **“Positividad de huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrongílido, recuento en heces y factores asociados en ovinos de la parroquia Guanujo, Ecuador”**; versión publicada en inglés: ***Strongyle-Type Gastrointestinal Nematode Egg Positivity, Fe-cal Egg Counts, and Associated Factors in Sheep from Guanujo Parish, Ecuador***”, Modalidad Artículos Científicos de Alto Nivel SCOPUS Q1, de la autoría del señora Maestrante: María Felicidad Morejón García, Programa de Maestría en Ciencias Veterinarias, me permito certificar que cumple con los requerimientos Científicos y Metodológicos, y el rigor académico que demanda la Universidad Estatal de Bolívar, en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la parte interesada dar al presente documento el uso legal que estime conveniente.

Guaranda, 14 de septiembre de 2026



Dr. Isidro Favian Bayas Morejón, PhD

TUTOR DEL TRABAJO DE POSGRADO

**ESCRITURA PÚBLICA
DECLARACION JURADA
Doctora MARÍA FELICIDAD MOREJÓN GARCÍA**

En la ciudad de Guaranda, Capital de la Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy día sábado, diecinueve de septiembre de dos mil veintiséis, ante mi Doctor GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN, NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA, comparece la doctora **MARÍA FELICIDAD MOREJÓN GARCÍA**. La compareciente es de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, de estado civil casada, capaz de contraer obligaciones, domiciliada en la parroquia Guanujo del cantón Guaranda, con número de teléfono móvil 0980741839 a quien de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía y papeletas de votación cuyas copias adjunto a esta escritura.- Advertida por mí el Notario de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinada de que comparece al otorgamiento de la misma sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, juramentada en debida forma, prevenida de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud, bajo juramento declara lo siguiente: "Previo a la obtención del título de Magister en Ciencias Veterinarias, manifiesto que los criterios e ideas emitidas en el Ensayo académico titulado: "ESTUDIO DE PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE *Haemonchus contortus* EN OVINOS DE LA PARROQUIA GUANUJO" es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora. (Hasta aquí la declaración juramentada rendida por el compareciente la misma que queda elevada a escritura pública con todo el valor legal.) Para el otorgamiento de esta escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso; y leída que le fue al compareciente íntegramente por mí el Notario, se ratifica en todo su contenido y firma conmigo en unidad de acto. Incorporo esta escritura pública al protocolo de instrumentos públicos, a mi cargo. De todo lo cual doy fe.-


Doctora MARÍA FELICIDAD MOREJÓN GARCÍA
C.C. 0201658630


Doctor Guido Fabián Fierro Barragán
NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA



**DERECHOS DE AUTOR**

Yo **MARÍA FELICIDAD MOREJÓN GARCÍA** portador de la Cédula de Identidad No 0201658630

en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:

"Estudio de la prevalencia y factores de riesgo asociados a Haemonchus contortus en ovinos de la Parroquia Guanujo". Modalidad **ARTICULO CIENTÍFICO DE ALTO NIVEL**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTO, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



Validar únicamente en FirmAC.
Firmado electrónicamente por:
**MARIA FELICIDAD
MOREJON GARCIA**

MARÍA FELICIDAD MOREJÓN GARCÍA



Artículo

Positividad de huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrongílido, recuento en heces y factores asociados en ovinos de la parroquia Guanujo, Ecuador

María Felicidad Morejón-García and Favian Bayas-Morejón *

Programa de Maestría en Ciencias Veterinarias, Departamento de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda 020150, Ecuador; mmorejón@ueb.edu.ec

* Correspondencia: fbayas@ueb.edu.ec

Resumen Simple

Los parásitos intestinales representan un problema importante para la ganadería ovina, ya que afectan la salud animal y pueden ocasionar pérdidas económicas. Este estudio evaluó la presencia, la intensidad y los principales factores asociados a la infección en 70 ovinos procedentes de 14 explotaciones en la parroquia de Guanujo, Ecuador. Los resultados indicaron que el 54,3 % de los animales dio positivo a huevos de nematodos gastrointestinales tipo estróngilo, principalmente con niveles de infección de leves a moderados, aunque también se identificaron algunos casos graves. Los ovinos menores de 12 meses mostraron sistemáticamente una mayor probabilidad de presentar resultados positivos para huevos tipo estróngilo. En el análisis principal, una alta densidad de carga animal se asoció con la positividad, si bien dicha asociación resultó menos estable en el análisis de sensibilidad. Se detectó con frecuencia la presencia de huevos tipo estróngilo tanto en los ovinos muestreados como en las explotaciones participantes. Estos resultados servirán de base para establecer medidas de prevención y control, mejorar la salud animal y fomentar una producción ovina más sostenible.



Academic Editors: Felipe M. Salvarani, Sheyla Farhayldes Souza Domingues and Júlia Angélica Gonçalves Da Silveira

Received: 19 July 2026

Revised: 29 August 2026

Accepted: 31 August 2026

Published: 9 September 2026

Copyright: © 2026 by the authors.

Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\) license](#).

Resumen

Antecedente: Los nematodos gastrointestinales tipo estróngilo se encuentran entre las infecciones parasitarias más importantes que afectan a la producción ovina debido a las pérdidas sanitarias y económicas que ocasionan. **Objetivo:** El objetivo de este estudio fue determinar la positividad, la carga parasitaria y los factores asociados a la presencia de huevos de nematodos gastrointestinales tipo estróngilo en ovinos de la parroquia Guanujo, Ecuador. **Methods:** A quantitative, descriptive, cross-sectional study was conducted between **Métodos:** Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal entre noviembre de 2025 y marzo de 2026. Se recolectaron individualmente 70 muestras fecales mediante muestreo rectal de ovinos seleccionados aleatoriamente en 14 explotaciones participantes. Las muestras se analizaron utilizando técnicas coproparasitológicas con el método de McMaster modificado para cuantificar los huevos por gramo de heces (HPG). Posteriormente, se llevaron a cabo análisis univariantes y regresiones logísticas multivariantes para identificar los factores asociados a la positividad de huevos de nematodos gastrointestinales tipo estróngilo. **Resultados:** La positividad global fue del 54,3 % (38/70), con una carga parasitaria media de 1150 HPG. Predominaron las

infecciones leves y moderadas, aunque también se detectaron infecciones graves. Tras el ajuste multivariante, la edad más joven se asoció consistentemente con la positividad. Una alta densidad de carga animal se asoció con la positividad en el modelo principal, aunque dicha asociación resultó menos estable en el análisis de sensibilidad de efectos mixtos. Los ovinos menores de 12 meses mostraron mayores probabilidades de positividad que los adultos (OR ajustada = 8,75; IC del 95 %: 3,42–22,38; $p < 0,001$), mientras que los animales procedentes de explotaciones con alta densidad de carga animal también presentaron mayores probabilidades de positividad (OR ajustada = 2,69; IC del 95 %: 1,21–5,97; $p = 0,015$). Conclusiones: La edad más joven fue el factor asociado de forma más consistente a la positividad de huevos de nematodos gastrointestinales tipo estróngilo. La alta densidad de carga animal mostró mayores probabilidades de positividad en el análisis principal; sin embargo, esta asociación no resultó estadísticamente significativa en el análisis de sensibilidad de efectos mixtos, por lo que debe interpretarse con cautela.

Keywords: sheep; strongyle-type eggs; gastrointestinal nematodes; fecal egg count; modified McMaster technique; stocking density; Ecuador

1. Introducción

La parasitosis gastrointestinal constituye una importante limitación sanitaria y productiva que afecta al ganado ovino en todo el mundo, especialmente en sistemas de producción extensivos y semiextensivos. Entre los parásitos más relevantes se encuentran los nematodos gastrointestinales de tipo estróngido, que abarcan diversos géneros de importancia veterinaria y se asocian con una reducción de la ganancia de peso, una menor eficiencia alimentaria, una disminución de la productividad y, en casos de infección grave, un aumento de la morbilidad y la mortalidad. [1–4].

Los nematodos gastrointestinales de tipo estróngido incluyen varios géneros de importancia veterinaria, tales como **Haemonchus**, **Trichostrongylus**, **Teladorsagia**, **Ostertagia**, **Cooperia** y **Nematodirus**. Estos parásitos figuran entre los principales agentes que afectan a los ovinos en pastoreo, debido a sus efectos negativos sobre la salud, el crecimiento y la productividad, así como a las pérdidas económicas que generan en los sistemas de producción de pequeños rumiantes. [3]. Entre ellos, **Haemonchus** y **Trichostrongylus** figuran entre los géneros notificados con mayor frecuencia en ovinos y caprinos a nivel mundial, si bien su distribución, prevalencia y patogenicidad pueden variar en función de las condiciones ambientales, la susceptibilidad del hospedador y las prácticas de manejo. [3,4].

Las manifestaciones clínicas asociadas a estos nematodos dependen del género implicado, la carga parasitaria, la edad, el estado inmunitario y la condición nutricional del hospedador. Las infecciones de moderadas a graves pueden provocar anemia, enteritis, diarrea, deterioro de la condición corporal y de la ganancia de peso, reducción de la productividad y, en casos graves, mortalidad, especialmente en animales jóvenes o inmunodeprimidos [4]. Aunque **Haemonchus contortus** es una especie particularmente patógena debido a su comportamiento hematófago y a su elevada capacidad reproductiva, [5–7], Los huevos de este y otros tricostrongídeos presentan características morfológicas similares, por lo que su presencia no puede atribuirse específicamente a una especie concreta mediante técnicas coproparasitológicas basadas únicamente en la morfología del huevo..

Los nematodos gastrointestinales de tipo strongílido presentan un ciclo biológico directo, con fases ambientales de vida libre (huevo, L1, L2 y larvas L3 infectantes) y fases parasitarias en el tracto gastrointestinal del hospedador. La temperatura y la humedad influyen significativamente en el desarrollo y la supervivencia de las fases ambientales; la infección se produce principalmente cuando las ovejas ingieren larvas L3 infectantes durante el pastoreo. [2,8,9]. Estas características favorecen la persistencia de la transmisión en sistemas de pastoreo cuando se dan condiciones ambientales adecuadas y existe contaminación fecal de los pastos. [3].

La incidencia y la carga de nematodos gastrointestinales de tipo strongílido están determinadas por la interacción de factores ambientales, individuales y de manejo. Entre los principales factores descritos se encuentran las condiciones climáticas, la edad, el estado fisiológico, el sistema de producción, la densidad animal, el manejo del pastoreo y las prácticas sanitarias. [10,11]. Los ambientes cálidos y húmedos favorecen el desarrollo y la supervivencia de las larvas infectantes en los pastizales; asimismo, diversos estudios epidemiológicos han reportado tasas de positividad más elevadas en animales jóvenes, en rebaños con programas de desparasitación irregulares y en animales con baja condición corporal; no obstante, estas asociaciones pueden variar según las condiciones ambientales y de producción locales. [12–14].

El control de los nematodos gastrointestinales de tipo strongílido se complica aún más debido a la creciente aparición de resistencia a los antihelmínticos, la cual ha reducido la eficacia de los programas de tratamiento convencionales en diversos sistemas de producción ovina. [15,16]. En consecuencia, se recomiendan cada vez más los enfoques integrados de control de parásitos que combinan el uso adecuado de antihelmínticos, el monitoreo del recuento de huevos en heces, el manejo del pastoreo y otras medidas preventivas. [17–20]. No obstante, el diseño de estrategias de control adaptadas al contexto local requiere información epidemiológica sobre la presencia de parásitos, el recuento de huevos en heces y las características (tanto a nivel animal como de explotación) asociadas a la positividad.

En Ecuador, la producción ovina se concentra principalmente en la región andina, incluida la provincia de Bolívar, donde son comunes los sistemas de producción extensivos y semiintensivos y las prácticas de manejo tradicionales. Estudios previos en Ecuador han documentado infecciones por nematodos gastrointestinales en ovejas [19]; sin embargo, la información epidemiológica local sigue siendo limitada, particularmente en lo que respecta a la positividad de huevos de nematodos gastrointestinales del tipo strongílido y su asociación con las características de los animales y del manejo de la explotación en la parroquia de Guanujo. Esta falta de información limita el establecimiento de datos epidemiológicos de referencia para esta zona de producción. Cabe destacar que, si bien diversos géneros de nematodos gastrointestinales de tipo strongílido de importancia veterinaria pueden infectar a los ovinos, sus huevos son morfológicamente similares y la técnica de McMaster modificada utilizada en el presente estudio no permite una diferenciación fiable a nivel de género o especie. Por consiguiente, el resultado diagnóstico de este estudio se definió como la presencia de huevos de nematodos gastrointestinales de tipo strongílido, sin atribuir la infección a ningún género o especie en particular. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la positividad, el recuento de huevos en heces y los factores estadísticamente asociados a la presencia de huevos de nematodos gastrointestinales tipo strongílido en

ovinos de las explotaciones participantes en la parroquia de Guanujo, provincia de Bolívar, Ecuador. El estudio buscaba generar información epidemiológica de referencia sobre los ovinos y las explotaciones muestreadas, así como apoyar futuras investigaciones de mayor envergadura y estrategias de manejo integrado de parásitos adaptadas a las condiciones de producción ovina en los Andes.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área y period de estudio

En este estudio, se recolectaron muestras fecales de ovinos en la parroquia de Guanujo y se analizaron parasitológicamente en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar entre noviembre de 2025 y marzo de 2026.

2.2. Enfoque metodológico y Diseño del estudio

El estudio empleó un diseño cuantitativo, observacional, transversal, descriptivo y analítico. Durante el periodo de estudio establecido, se recolectaron muestras fecales e información a nivel de animal y de explotación para estimar la positividad a huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrongílido y el recuento de huevos en heces, así como para evaluar los factores estadísticamente asociados con dicha positividad..

2.3. Población de estudio, unidad de análisis y unidad de observación

2.3.1. Población de estudio

En la investigación, la población estuvo constituida por aproximadamente 650 ovejas pertenecientes a unidades de producción de la parroquia Guanujo.

2.3.2. Unidad de análisis y unidad de observación

La unidad de análisis y observación fue cada una de las ovejas muestreadas. Se recolectó una muestra fecal individual de cada animal, junto con información a nivel de animal y de explotación sobre características productivas, sanitarias y de manejo.

2.4. Cálculo del tamaño de la muestra

A partir de una población estimada de 650 ovinos en la parroquia de Guanujo, se calculó el tamaño mínimo de la muestra utilizando la fórmula para estimar una proporción en una población finita. Se empleó un nivel de confianza del 95 % ($Z = 1,96$), una positividad esperada del 50 % ($p = 0,50$) —dada la ausencia de estudios previos en la zona— y un margen de error absoluto del 10 % ($d = 0,10$). El tamaño mínimo de la muestra fue de 60 animales. Para compensar posibles pérdidas de muestras o muestras no aptas, finalmente se incluyeron 70 ovinos. Se consideró que el tamaño de la muestra era adecuado para estimar la positividad, aunque es posible que haya limitado la precisión de los análisis multivariados realizados a nivel de explotación.

2.5. Selección de granjas y procedimiento de muestreo

Se seleccionaron catorce explotaciones ovinas ubicadas en la parroquia de Guanujo mediante un muestreo por conveniencia, teniendo en cuenta la accesibilidad y la disposición de los propietarios a participar. La distribución geográfica de las explotaciones participantes dentro del área de estudio se muestra en la Figura 1, mientras que el número de ovinos muestreados en cada explotación se presenta en la Tabla S1.

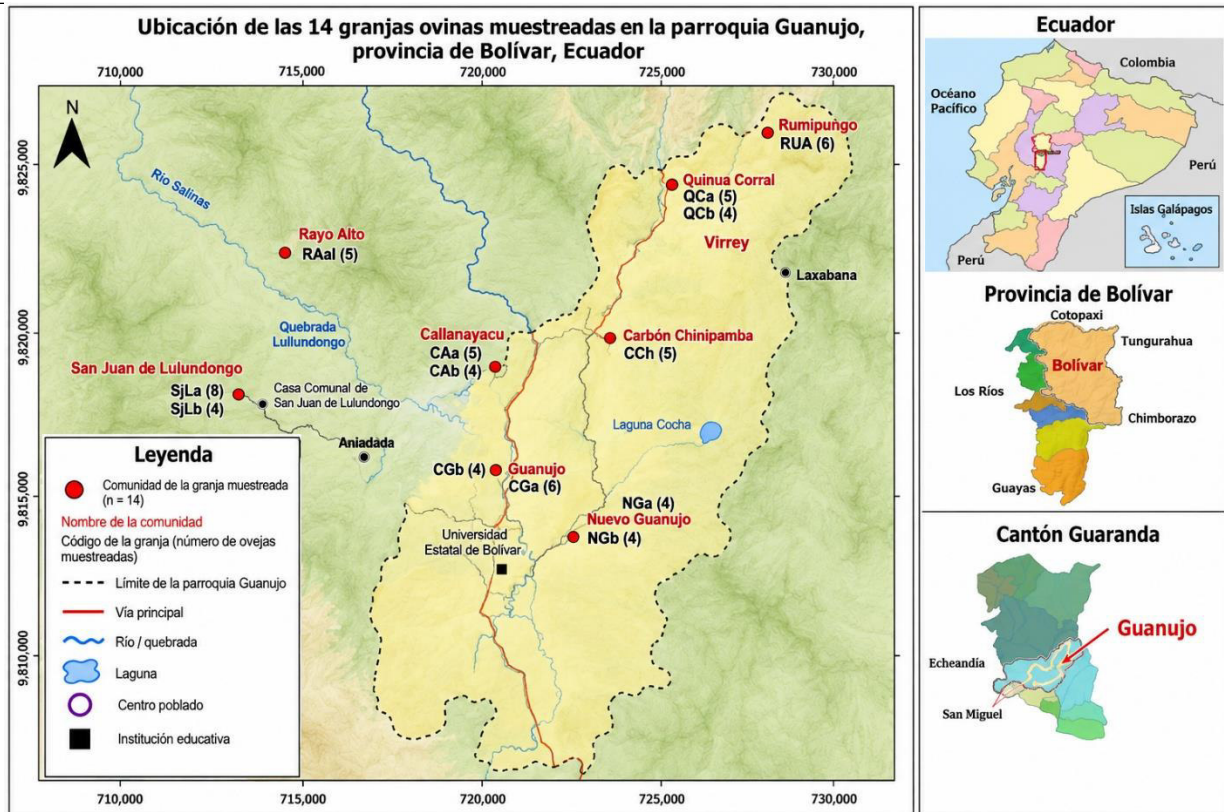


Figura 1. Ubicación geográfica de las 14 fincas ovinas incluidas en el estudio en la Parroquia Guanujo, Provincia de Bolívar, Ecuador.

En cada granja, se asignaron códigos de identificación y números secuenciales a las ovejas, y se seleccionaron animales individuales mediante un muestreo aleatorio simple —utilizando un procedimiento de números aleatorios generado en Microsoft Excel— hasta alcanzar el número de animales predeterminado para cada granja.

2.6. Estudio de la población y la clasificación animal

Todas las ovejas incluidas en el estudio eran merinas cruzadas con Friesian oriental, una composición genética que se encuentra comúnmente entre las granjas participantes en el área de estudio. Los animales se clasificaron según la edad en corderos (<6 meses), juveniles (6 a 12 meses) o adultos. (>12 meses). El estado fisiológico se clasificó en lactante, gestante, no gestante o en crecimiento. Esta composición de la población permitió la evaluación de la positividad de los huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrongilo en diferentes edades y categorías fisiológicas, facilitando la evaluación de estas variables como factores potenciales asociados estadísticamente con la positividad..

2.7. Características de la gestión de la explotación

La densidad de carga se calculó a nivel de explotación como el número total de ovejas dividido por la superficie de pastoreo efectiva, expresada en ovejas por hectárea (ovejas/ha). A partir de la distribución observada de las densidades de carga en las explotaciones participantes y de la separación natural entre categorías, las explotaciones se clasificaron en aquellas con densidad de carga baja-media (<20 ovejas/ha) y aquellas con densidad de carga alta (≥ 20 ovejas/ha). Las densidades de carga oscilaron entre 8,0 y 12,5 ovejas/ha en las explotaciones clasificadas como de densidad baja-media, y entre 20,0 y 50,0 ovejas/ha en las clasificadas como de densidad alta (Tabla S3).

El valor de corte de 20 ovejas/ha se utilizó como umbral operativo basado en la distribución observada de las explotaciones participantes y no debe interpretarse como un umbral epidemiológico establecido universalmente..

2.8. *Fecal Recolección, conservación y transporte de muestras fecales*

Se recolectaron entre 10 y 20 g de heces directamente del recto de cada oveja utilizando guantes desechables. Las muestras se colocaron en recipientes estériles, herméticos y etiquetados individualmente, y se transportaron en condiciones de refrigeración a aproximadamente 4 °C. Los análisis coproparasitológicos se realizaron en un plazo de cuatro horas tras la recolección..

2.9. *Análisis coproparasitológico*

Todas las muestras fecales se analizaron utilizando la técnica de McMaster modificada para determinar la presencia y el recuento de huevos de nematodos gastrointestinales del tipo *strongiloideos*. Brevemente, se homogeneizaron 4 g de heces con una solución de flotación para obtener la dilución adecuada para el recuento de huevos. La suspensión resultante se filtró y se introdujo en una cámara de recuento McMaster de 0,15 ml, siguiendo el procedimiento operativo estándar para la técnica. El recuento de huevos se multiplicó por un factor de conversión de 50 y los resultados se expresaron como huevos por gramo de heces (EPG). Los huevos compatibles con nematodos gastrointestinales tipo *strongilo* se identificaron en función de sus características morfológicas observadas mediante microscopía óptica, incluyendo su forma ovalada, cáscara delgada y transparente y la presencia de una mórula compuesta por múltiples blastómeros, siguiendo claves de identificación parasitológica estándar. Debido a que los huevos de nematodos tricostrongílidos son morfológicamente indistinguibles mediante el examen fecal, la identificación del parásito se limitó a huevos de tipo *strongilo* y no permitió la identificación a nivel de género o especie.

Todos los exámenes microscópicos fueron realizados por personal de laboratorio capacitado y con experiencia en parasitología veterinaria. Las muestras se consideraron positivas cuando se observó al menos un huevo de tipo *strongílido* morfológicamente compatible en la cámara de recuento McMaster. Por consiguiente, todos los análisis e interpretaciones posteriores se basaron en la positividad para huevos de nematodos gastrointestinales de tipo *strongílido*, y no en la identificación de géneros o especies parasitarias específicos. Con el protocolo McMaster modificado utilizado en este estudio, el factor de multiplicación de 50 correspondía a un límite de detección analítico de 50 huevos por gramo (EPG).

Por tanto, la observación de un huevo de tipo *strongílido* morfológicamente compatible en la cámara de recuento equivalía a un recuento mínimo detectable de 50 EPG para considerar la muestra como positiva. Las muestras con cargas de huevos inferiores a este umbral analítico podrían haberse clasificado como negativas; esta limitación debe tenerse en cuenta al interpretar las estimaciones de positividad y las infecciones de baja intensidad.

2.10. *Recopilación de datos y variables del estudio*

2.10.1. Recopilación de datos

Se recopiló información tanto a nivel de animal como de explotación mediante un formulario estandarizado diseñado específicamente para este estudio. La información a nivel de animal se obtuvo mediante observación directa, examen físico y consulta de los registros de la explotación, cuando estaban disponibles. La información sobre el manejo de la explotación se obtuvo a través de una entrevista estructurada con el propietario o la persona responsable del manejo del rebaño. El formulario de recopilación de datos incluía variables relacionadas con la identificación, la edad, el sexo y el estado fisiológico de los animales. Asimismo, se registró información sobre el sistema de producción, la carga ganadera, las prácticas de desparasitación, la rotación de pastos y la ubicación geográfica de cada explotación. Los datos relativos a las variables de manejo se obtuvieron directamente de los productores durante la entrevista.

2.10.2. Variables Dependientes

La variable dependiente principal fue la positividad a huevos de nematodos gastrointestinales de tipo estrongílido, clasificada como positiva o negativa según el examen coproparasitológico realizado mediante la técnica de McMaster modificada. Se consideró positivo a un animal cuando se observó al menos un huevo de tipo estrongílido morfológicamente compatible durante el examen microscópico. Dado que los huevos de los nematodos tricostrongílidos son morfológicamente indistinguibles, la positividad se refería exclusivamente a huevos de tipo estrongílido y no a ningún género o especie de parásito en particular.

La variable de resultado secundaria fue la carga parasitaria, expresada como huevos por gramo de heces (HPG), calculada mediante la técnica de McMaster modificada con un factor de multiplicación de 50. Los valores de HPG se analizaron como una variable cuantitativa continua y, posteriormente, se categorizaron como infección leve (<500 HPG), moderada (500–1500 HPG) o grave (>1500 HPG) con fines descriptivos.

2.10.3. Variables Independientes

Las variables explicativas evaluadas en este estudio se clasificaron en variables a nivel de animal y variables de manejo a nivel de explotación. Las variables a nivel de animal incluyeron edad, sexo y estado fisiológico. Las variables a nivel de explotación incluyeron sistema de producción, frecuencia de desparasitación, rotación de pastos y carga ganadera.

La edad se determinó a partir de los registros de la explotación cuando estaban disponibles y, cuando fue necesario, se confirmó mediante examen dental. Los animales se clasificaron en corderos (<6 meses), animales en desarrollo (6–12 meses) y adultos (>12 meses). El sexo se registró como macho o hembra.

El estado fisiológico se estableció a partir de los registros de la explotación, la información del propietario y el examen físico. Los animales se clasificaron según su estado fisiológico en lactantes, en fase de crecimiento, gestantes o no gestantes. Los animales lactantes eran aquellos que aún dependían de la leche materna, mientras que los animales en fase de crecimiento correspondían a aquellos en etapa de desarrollo activo. Las hembras adultas se clasificaron como gestantes o no gestantes según su estado reproductivo en el momento del muestreo.

Los sistemas de producción se clasificaron como intensivos, semintensivos o extensivos según el manejo del pastoreo y las prácticas de alimentación. La frecuencia de desparasitación se categorizó como <1 vez/año, 1–2 veces/año o >2 veces/año, basándose en la información proporcionada por los ganaderos. La rotación de pastos se registró como sí o no, y la carga ganadera se clasificó como alta o baja-media según el número de ovejas mantenidas por hectárea bajo las condiciones de manejo de cada unidad de producción.

La carga ganadera se analizó como una variable dicotómica a nivel de explotación utilizando el umbral operativo definido en la Sección 2.7: baja-media (<20 ovejas/ha) y alta (≥ 20 ovejas/ha).

2.11. *Análisis Estadístico*

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando InfoStat 2020I/free. Se llevó a cabo un análisis descriptivo mediante frecuencias y porcentajes para las variables categóricas, mientras que las variables cuantitativas se resumieron utilizando la media y la desviación estándar o la mediana y el rango intercuartílico, según su distribución. La positividad de huevos tipo strongilido se estimó junto con sus respectivos intervalos de confianza del 95%, y la carga parasitaria se expresó como huevos por gramo de heces (EPG). Las asociaciones entre la positividad y las variables explicativas se evaluaron inicialmente mediante modelos de regresión logística univariante con errores estándar robustos a nivel de conglomerado (agrupados por granja), estimando las razones de posibilidades (OR) brutas y sus correspondientes intervalos de confianza del 95%.

Las variables que mostraron un valor $p < 0,20$ en el análisis univariante, junto con aquellas consideradas biológicamente relevantes según evidencia epidemiológica previa, se incluyeron en el modelo inicial de regresión logística multivariante. La selección de variables siguió un procedimiento de eliminación hacia atrás (*backward elimination*), evaluando los cambios en los coeficientes de regresión y la plausibilidad biológica. La multicolinealidad se evaluó mediante el factor de inflación de la varianza (VIF), considerándose aceptables los valores inferiores a 5. La calibración del modelo se evaluó mediante la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, mientras que la capacidad de discriminación se analizó calculando el área bajo la curva característica operativa del receptor (ROC) (AUC). Se examinaron los residuos estandarizados y la distancia de Cook para identificar observaciones influyentes. Para tener en cuenta la estructura jerárquica de los datos, se utilizaron errores estándar robustos a nivel de conglomerado (agrupados por granja) para corregir los errores estándar estimados ante la falta de independencia de los animales pertenecientes a la misma unidad de producción.

Como análisis de sensibilidad, se ajustó un modelo de regresión logística de efectos mixtos utilizando la granja como intercepto aleatorio, con el fin de considerar explícitamente la estructura jerárquica de los ovinos anidados dentro de las granjas. El componente de efectos fijos incluyó las variables retenidas en el modelo multivariante final. Las estimaciones obtenidas con el modelo de efectos mixtos se compararon con las del modelo de regresión logística principal con errores estándar robustos a nivel de conglomerado. Dado que solo se incluyeron 14 granjas, se evaluaron cuidadosamente la varianza del efecto aleatorio y la convergencia del modelo, y los resultados se interpretaron con cautela.

2.12. *Ethical Approval and Animal Welfare*

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Bioética del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, bajo el código de aprobación UEB-CEI-DIV-AU-2026-039. Todos los procedimientos de manejo de animales y recolección de muestras se llevaron a cabo de conformidad con las directrices institucionales de bioseguridad y bienestar animal. Se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios o responsables de las explotaciones participantes antes de la recolección de muestras y la aplicación de los cuestionarios.

3. Resultados

3.1. *Cha* Características de la población de estudio

Se evaluó un total de 70 ovinos procedentes de 14 explotaciones participantes. Los animales jóvenes representaron el 48,6 % de la muestra, seguidos por los adultos (27,1 %) y los corderos (24,3 %); asimismo, las hembras constituyeron el 64,3 % de la población objeto de estudio. Entre las explotaciones participantes predominaron los sistemas de producción extensivos (50,0 %); el 71,4 % informó realizar desparasitaciones con una frecuencia inferior a una vez al año, el 64,3 % no implementaba la rotación de pastos y el 57,1 % se clasificó con una alta densidad de carga ganadera. Las características basales completas se presentan en la Tabla S2.

3.2. - Positividad a huevos de nematodos gastrointestinales de tipo *estrongílico*

Treinta y ocho de las 70 ovejas evaluadas resultaron positivas, lo que corresponde a una positividad global del 54,3 % (38/70; IC del 95 %: 42,6–65,5 %), mientras que el 45,7 % (32/70) de las ovejas muestreadas resultaron negativas. Se detectaron animales positivos en todos los sectores evaluados representados por las explotaciones participantes.

3.3. *Recuento de huevos en heces y carga parasitaria*

Entre los 38 animales positivos (Tabla 1), el recuento de huevos en heces osciló entre 200 y 3500 huevos por gramo (HPG). La distribución de los recuentos de huevos presentó un sesgo hacia la derecha, con una mediana de 785 HPG (RIC: 320–1452,5 HPG), mientras que la media aritmética fue de aproximadamente 1150 HPG (DE: 1056,1 HPG), lo que indica una variabilidad considerable en la eliminación de huevos entre los animales positivos. Los datos a nivel individual de los animales se presentan en la Tabla S5.

Tabla 1. Distribución del recuento de huevos en heces según las categorías de intensidad de infección en ovinos positivos a *estrongídeos* gastrointestinales..

Intensidad de infección	Rango EPG	Número de ovejas positivas	Frecuencia (%)	Media EPG
Medio	<500	16	42,1	300,6
Moderado	500–1500	13	34,2	1000,3
Severo	>1500	9	23,7	2875,0
Total	—	38	100,0	1149,7

EPG: del inglés: huevos por gramo.

3.4. Factores asociados a la positividad

La mayor proporción de animales positivos se observó entre los animales jóvenes (70,6%), seguidos por los corderos (58,8%), mientras que los adultos presentaron la menor tasa de positividad (21,1%). Los machos mostraron una mayor proporción de animales positivos que las hembras (72,0% frente a 44,4%). Según el estado fisiológico, los animales en fase de crecimiento presentaron la mayor positividad (61,5%), seguidos por los animales lactantes (58,8%) y las ovejas no gestantes (44,4%), mientras que no se detectaron animales positivos entre las ovejas gestantes. En cuanto a las características de la explotación, se observó una mayor positividad en ovejas procedentes de sistemas de producción extensiva (61,5%), explotaciones con frecuencias de desparasitación inferiores a una vez al año (56,9%), explotaciones sin rotación de pastos (59,1%) y explotaciones con alta densidad de carga ganadera (59,1%) (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de la positividad de los huevos de nematodos gastrointestinales tipo *strongilo* según las características del animal y de la granja.

Variable	Categoría	n	Positivos	Positividad (%)
Edad	Corderos (<6 months)	17	10	58,8
	Juveniles (6–12 months)	34	24	70,6
	Adultos (>12 months)	19	4	21,1
Sexo	Hembra	45	20	44,4
	Macho	25	18	72,0
Estado fisiológico	Lactantes	17	10	58,8
	En crecimiento	39	24	61,5
	No-preñadas	9	4	44,4
	Preñadas	5	0	0,0
Sistema de producción	Extensivo	39	24	61,5
	Semi-intensivo	20	10	50,0
	Intensivo	11	4	36,4
Frecuencia de desparasitación	<1 veces/año	51	29	56,9
	1–2 veces/año	8	4	50,0
	>2 veces/año	11	5	45,5
Rotación de pastoreo	No	44	26	59,1
	Si	26	12	46,2
Densidad de población	Alto (≥ 20 ovejas/ha)	44	26	59,1
	Bajo-medio (<20 ovejas/ha)	26	12	46,2

3.5. Análisis Univariante

La Tabla 3 presenta los resultados del análisis de regresión logística univariante de los factores asociados a la positividad para huevos de nematodos gastrointestinales de tipo *strongilido*. En comparación con los animales adultos, los corderos (OR = 5,00; IC del 95 %: 1,76–14,22; $p = 0,003$) y los animales jóvenes (OR = 7,64; IC del 95 %: 2,30–25,33; $p = 0,001$) mostraron una mayor probabilidad de positividad. Asimismo, los machos presentaron una mayor probabilidad de positividad que las hembras (OR = 3,21; IC del 95 %: 1,30–7,95; $p = 0,011$). En cuanto al sistema de producción, las ovejas criadas en sistemas extensivos mostraron una mayor probabilidad de resultar positivas que las mantenidas en sistemas intensivos (OR = 2,80; IC del 95 %: 1,71–4,58; $p < 0,001$), mientras que la comparación entre los sistemas semiintensivos e intensivos no fue estadísticamente significativa ($p = 0,077$). No se observaron asociaciones estadísticamente significativas respecto a la frecuencia de desparasitación, la rotación de pastos o la densidad de carga animal ($p > 0,05$). Las variables con valores de $p < 0,20$ en el análisis univariante se consideraron para su inclusión en el modelo de regresión logística multivariante.

Tabla 3. Análisis univariante de los factores asociados a la positividad frente a huevos de nematodos gastrointestinales de tipo strongilido mediante regresión logística con errores estándar robustos agrupados por explotación.

Variable	Categoría	Referencia	OR crudo	IC del 95 %		Valor p
				IC inferior	IC superior	
Edad	Cordero	Adultos	5,000	1,758	14,223	0,003
Edad	Juvenil	Adultos	7,636	2,302	25,329	0,001
Sexo	Macho	Hembra	3,214	1,304	7,925	0,011
Sistema	Extensivo	Intensivo	2,800	1,713	4,578	<0,001
Sistema	Semi-intensivo	Intensivo	1,750	0,941	3,253	0,077
Desparasitación	<1 vez/año	>2 veces/año	1,582	0,641	3,902	0,319
Desparasitación	1–2 veces/año	>2 veces/año	1,200	0,551	2,614	0,646
Rotación	No	Sí	1,685	0,818	3,470	0,157
Densidad	Alta (≥ 20 ovinos/ha)	Baja-media (<20 ovinos/ha)	1,685	0,896	3,168	0,105

OR = Odds ratio cruda; IC = intervalo de confianza del 95 %. Las variables con $p < 0,20$ en el análisis univariante, junto con aquellas consideradas biológicamente relevantes, se tuvieron en cuenta para su inclusión en el modelo multivariante.

3.6. Regresión logística multivariable

Como se muestra en la Figura 2, los ovinos menores de 12 meses presentaron la mayor razón de probabilidades ajustada (aOR = 8,75; IC del 95 %: 3,42–22,38), mientras que una elevada densidad de carga animal también se asoció estadísticamente con la positividad para huevos de tipo strongilido en el análisis multivariable principal (aOR = 2,69; IC del 95 %: 1,21–5,97). Ambos intervalos de confianza se mantuvieron por encima del valor nulo (OR = 1). Estas estimaciones y sus correspondientes intervalos de confianza del 95 % se presentan gráficamente.

Como análisis de sensibilidad, se ajustó un modelo de regresión logística de efectos mixtos con la granja incluida como intercepto aleatorio. La varianza estimada del efecto aleatorio entre granjas fue aproximadamente cero, lo que indica poca heterogeneidad residual detectable entre granjas después del ajuste por las variables incluidas en el modelo. En este análisis, las ovejas menores de 12 meses permanecieron significativamente asociadas con la positividad para la gastroenteritis de tipo strongilido (huevos de nematodos intestinales) (OR = 8.75; 95% CI: 2.32–33.03; $p = 0.001$). La alta densidad de población mostró una estimación del efecto en la misma dirección que el análisis principal (OR = 2,69), pero el intervalo de confianza incluyó el valor nulo (IC del 95 %: 0,89–8,14; $p = 0,080$) (Tabla 4). Por tanto, la asociación entre la edad temprana y la positividad fue robusta en los distintos enfoques analíticos, mientras que la asociación con la densidad de población resultó menos estable..

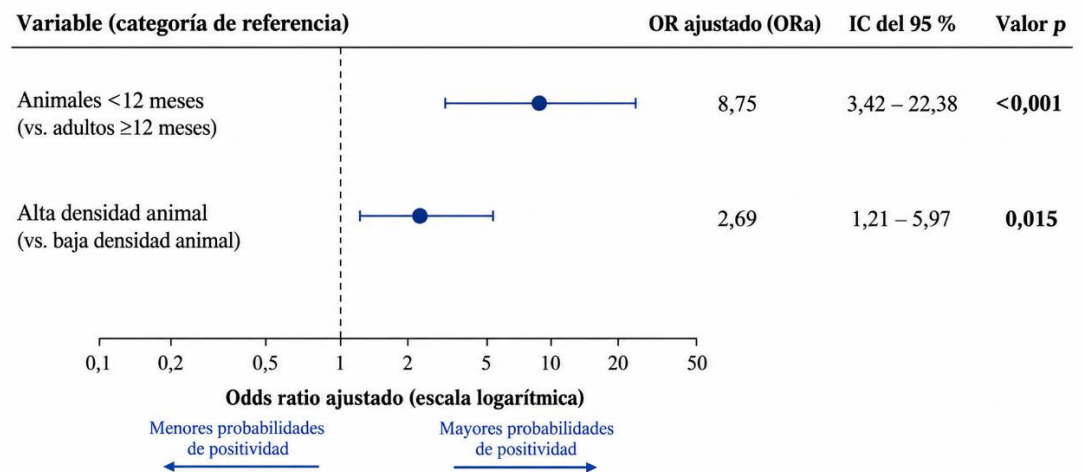


Figura 2. Gráfico de bosque (forest plot) de las razones de momios ajustadas (aOR) e intervalos de confianza del 95 % para los factores asociados con la positividad a huevos de nematodos gastrointestinales de tipo estrangilido en el modelo principal de regresión logística multivariable. La línea de referencia vertical en OR = 1 indica el valor nulo.

Tabla 4. Análisis de sensibilidad mediante regresión logística de efectos mixtos con la granja como intercepto aleatorio.

Predictor	Comparasion	OR	IC 95%	Valor p
Edad	<12 meses vs. adultos	8,75	2,32–33,03	0,001
Densidad de población	Alto vs. bajo	2,69	0,89–8,14	0,080

Nota: Se incluyó la granja como un efecto aleatorio de intercepto. La varianza estimada del efecto aleatorio se aproximó a cero, lo que indica una heterogeneidad residual detectable limitada entre granjas..

El modelo final de regresión logística multivariable, con errores estándar robustos agrupados por explotación, mostró que la edad de los animales y la densidad de carga ganadera permanecían estadísticamente asociadas a la positividad frente a huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrangilido tras ajustar por las variables incluidas en el modelo. Los animales menores de 12 meses presentaron una probabilidad de positividad significativamente mayor que los adultos (OR ajustada = 8,75; IC del 95 %: 3,42–22,38; $p < 0,001$). Asimismo, los ovinos criados en explotaciones con una elevada densidad de carga ganadera mostraron una mayor probabilidad de positividad que aquellos mantenidos en condiciones de densidad baja o media (OR ajustada = 2,69; IC del 95 %: 1,21–5,97; $p = 0,015$). Estos hallazgos representan asociaciones estadísticas ajustadas y deben interpretarse teniendo en cuenta el diseño transversal del estudio y la estructura de muestreo por conglomerados.

Los diagnósticos del modelo respaldaron un rendimiento adecuado del modelo multivariable final. La prueba de Hosmer-Lemeshow no mostró evidencia de una calibración deficiente ($\chi^2 = 0,654$; gl = 2; $p = 0,721$), mientras que la capacidad de discriminación fue aceptable (AUC = 0,724; IC del 95 %: 0,630–0,811). No se detectó multicolinealidad relevante (VIF máximo = 1,03) y la distancia de Cook no identificó observaciones altamente influyentes (máximo = 0,071). Los resultados completos del diagnóstico del modelo se presentan en la Tabla S4.

4. Discussion

4.1. Positividad a nematodos gastrointestinales de tipo estrangilido

La tasa de positividad observada en este estudio fue del 54,3%, lo que indica una frecuencia considerable de huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrangilido en

los ovinos muestreados en las explotaciones participantes de la parroquia de Guanujo. Este valor fue inferior al reportado en otros sistemas de producción ovina en América Latina. Rojas-Hernández et al. [21] informaron una positividad del 77,63% en ovinos en pastoreo en México, mientras que en Colombia se registró un valor del 83,2% de nematodos gastrointestinales tipo *estróngilo* [22]. Asimismo, Martins et al. [23] reportaron un valor del 77,0% de huevos tipo *estróngilo* en ovinos en Brasil.

Las diferencias entre estos estudios y los resultados obtenidos en Guanujo deben interpretarse con cautela, ya que las estimaciones pueden verse afectadas por variaciones en el diseño del muestreo, las condiciones climáticas, los sistemas de producción, la presión de pastoreo, las prácticas de desparasitación y los métodos de diagnóstico empleados. Por ello, una comparación directa de los porcentajes entre regiones no refleja necesariamente diferencias reales en la transmisión de parásitos, sino más bien las características metodológicas y productivas específicas de cada estudio.

En el contexto de Guanujo, la positividad observada podría estar relacionada con características de los sistemas de manejo evaluados, tales como el pastoreo extensivo, la densidad animal y las prácticas sanitarias; no obstante, estos factores deben interpretarse únicamente como posibles explicaciones epidemiológicas. Debido al diseño transversal del estudio, los resultados permiten identificar asociaciones estadísticas, pero no establecen relaciones temporales o causales entre las condiciones de manejo y la positividad a huevos de *estrongílicos*.

Asimismo, dado que la identificación parasitológica se realizó exclusivamente mediante la técnica de McMaster modificada, los resultados no permiten atribuir la positividad observada a géneros específicos como **Haemonchus** o **Trichostrongylus**. En consecuencia, la estimación del 54,3 % debe interpretarse como una positividad a huevos de *estrongílicos* gastrointestinales en los animales y explotaciones participantes, y no como una estimación específica de infección por un género concreto ni como una positividad representativa de toda la población ovina de la parroquia.

4.2. Carga parasitaria

Entre los 38 animales positivos, los recuentos de huevos en heces mostraron una variabilidad considerable, oscilando entre 200 y 3500 huevos por gramo (HPG), con una mediana de 785 HPG (RIC: 320–1453 HPG) y una media aritmética de aproximadamente 1150 HPG. La media superior a la mediana refleja una distribución con sesgo a la derecha de los recuentos de huevos, lo que indica que un subgrupo de animales presentaba una eliminación de huevos sustancialmente mayor. Se han registrado valores medios comparables en Sudamérica, incluyendo 1255 HPG en Colombia [22] y 1349,84 HPG en Brasil [23]. No obstante, las comparaciones directas deben interpretarse con cautela, ya que factores como el diseño del muestreo, los procedimientos de diagnóstico, las condiciones ambientales y los sistemas de producción pueden influir en los recuentos de huevos.

La variabilidad observada en los valores de HPG sugiere una eliminación heterogénea de huevos de parásitos entre los ovinos positivos y respalda el uso de la mediana y el rango intercuartílico, además de la media aritmética, para caracterizar la carga parasitaria. Asimismo, dado que la identificación de parásitos en este estudio se basó exclusivamente en huevos de tipo *estrongílicos*, estos recuentos no pueden

atribuirse a **Haemonchus**, **Trichostrongylus** ni a ningún otro género específico de nematodo gastrointestinal. Por consiguiente, los valores de HPG deben interpretarse como una medida global de la eliminación de huevos de nematodos gastrointestinales de tipo estrongílido en los animales muestreados, y no como cargas parasitarias específicas de un género o especie determinados..

4.3. Factores asociados a la positividad de huevos de nematodos gastrointestinales de tipo estrongílido

El análisis multivariable identificó la edad y la densidad ganadera como los principales factores asociados con la positividad de los huevos del nematodo gastrointestinal tipo estrongilo. Los animales jóvenes mostraron probabilidades significativamente mayores de positividad que los adultos, y esta asociación siguió siendo estadísticamente significativa en el análisis de sensibilidad de efectos mixtos, lo que respalda la solidez de este hallazgo. Estudios epidemiológicos similares han informado mayores frecuencias de infección por nematodos gastrointestinales en ovejas jóvenes, potencialmente relacionadas con diferencias en la exposición a los parásitos y el desarrollo progresivo de respuestas inmunes adquiridas [13,24]. Sin embargo, debido a que el presente estudio es transversal, este hallazgo representa una asociación estadística y no debe interpretarse como evidencia de causalidad o susceptibilidad biológica inherente. La alta densidad ganadera también se asoció estadísticamente con la positividad en el análisis multivariable primario. Sin embargo, aunque la magnitud y dirección de esta asociación siguieron siendo similares en el análisis de sensibilidad de efectos mixtos, no se mantuvo la significación estadística. Por lo tanto, este resultado debe interpretarse con cautela, particularmente porque la densidad ganadera se midió a nivel de granja y sólo 14 granjas participaron en el estudio. Estudios anteriores han informado asociaciones entre las condiciones de manejo relacionadas con el pastoreo y la infección por nematodos gastrointestinales, particularmente en sistemas extensivos y en condiciones ambientales favorables para la transmisión de parásitos [13,14,25]. Sin embargo, en el presente estudio, el sistema de producción en sí no permaneció asociado de forma independiente con la positividad después del ajuste multivariable, lo que sugiere que otros sistemas de gestión correlacionados

Las características pueden haber explicado en parte su asociación univariada.

De manera similar, el sexo, la frecuencia de la desparasitación y la rotación de pastos no se asociaron de forma independiente con la positividad de los huevos de tipo estrongilo después del ajuste multivariable. Por lo tanto, sus asociaciones aparentes en el análisis univariante pueden reflejar confusión o interrelaciones entre las variables de manejo a nivel de animales y granjas. Aunque la rotación de pastos y la desparasitación estratégica son componentes reconocidos de los programas integrados de control de parásitos [26], el presente estudio no demostró asociaciones estadísticas independientes entre estas prácticas y la positividad. El número relativamente pequeño de granjas, las correlaciones entre las prácticas de manejo y el diseño observacional pueden haber limitado la precisión de estas estimaciones. En general, los hallazgos respaldan la interpretación de las variables de manejo de manera colectiva en lugar de como determinantes aislados de la positividad de los huevos de nematodos gastrointestinales tipo estrongilo..

4.4. Implicaciones para el control de parásitos

En general, los hallazgos sugieren que una menor edad se asoció de manera consistente con la presencia de huevos de nematodos

gastrointestinales de tipo estrongílido, mientras que una elevada densidad de carga animal mostró una asociación menos estable entre los distintos enfoques analíticos. Aunque se recomiendan ampliamente las estrategias integradas de control parasitario (que incluyen el uso adecuado de antihelmínticos, el manejo de pastizales y el control de la densidad de carga animal) para reducir la transmisión de parásitos, los resultados actuales deben interpretarse como asociaciones estadísticas y no como evidencia de relaciones causales, debido al diseño transversal del estudio.

5. Limitaciones del estudio

En primer lugar, el diagnóstico parasitológico se basó exclusivamente en la identificación y cuantificación de huevos tipo estrongilo mediante técnicas coproparasitológicas. Dado que no se realizaron cultivos de larvas ni identificaciones moleculares, no fue posible determinar los géneros y especies de parásitos implicados. Por consiguiente, los hallazgos deben interpretarse como indicadores de positividad y recuento de huevos en heces de nematodos gastrointestinales tipo estrongilo, más que como una infección por un género o especie específicos. Los estudios futuros deberían incorporar cultivos de larvas y/o métodos moleculares, como la identificación mediante PCR, para mejorar la resolución taxonómica y permitir una interpretación epidemiológica específica a nivel de género o especie.

En segundo lugar, el diseño transversal permitió estimar la positividad y evaluar las asociaciones estadísticas entre las variables investigadas y la presencia de huevos tipo estrongilo; sin embargo, no permite establecer relaciones temporales o causales entre los posibles factores de exposición y la infección. Además, el muestreo se llevó a cabo durante un único periodo de estudio; por tanto, no fue posible evaluar la variación estacional de las condiciones climáticas, la contaminación de los pastos ni la dinámica de transmisión de los parásitos. Los estudios longitudinales que incorporen muestreos repetidos en diferentes estaciones ofrecerían una evaluación más completa de los patrones temporales de infección.

En tercer lugar, las explotaciones participantes se seleccionaron por conveniencia — atendiendo a la accesibilidad y a la disposición de los propietarios a participar — en lugar de mediante un muestreo probabilístico. Por consiguiente, no puede descartarse un sesgo de selección, y es posible que las explotaciones participantes no representen plenamente la diversidad de los sistemas de producción ovina de la parroquia de Guanujo. En consecuencia, los resultados deben considerarse aplicables principalmente a los animales muestreados y a las explotaciones participantes, y cualquier extrapolación a la totalidad de la población ovina de la parroquia de Guanujo o a otros sistemas de producción debe realizarse con cautela. Los estudios futuros deberían emplear diseños de muestreo probabilístico o multietápico para mejorar la representatividad de las explotaciones y la validez externa.

En cuarto lugar, aunque el número de animales muestreados fue suficiente para la estimación de positividad prevista, el tamaño de la muestra se calculó utilizando un margen de error absoluto del 10%. Esto dio lugar a una precisión limitada, tal como refleja el intervalo de confianza del 95% relativamente amplio en torno a la estimación de positividad observada (54,3%; IC del 95%: 42,6–65,5%). Además, solo se incluyeron 14

explotaciones, lo que limitó la precisión y la potencia estadística disponibles para evaluar las variables de manejo a nivel de explotación. Los futuros estudios de prevalencia deberían considerar un margen de error absoluto menor, como el 5%, junto con un mayor número de animales y de explotaciones participantes. Por último, al interpretar las asociaciones observadas en este estudio debe tenerse en cuenta la estructura jerárquica de los datos, ya que las ovejas individuales estaban agrupadas en 14 explotaciones. En el análisis multivariable principal se utilizaron errores estándar robustos a la agrupación (por explotación) para tener en cuenta la correlación intragrupo. Además, como análisis de sensibilidad, se ajustó un modelo de regresión logística de efectos mixtos que incluía la explotación como factor de intercepto aleatorio. La varianza estimada del efecto aleatorio entre explotaciones se aproximó a cero, lo que indica una heterogeneidad residual detectable limitada entre las explotaciones tras el ajuste por las variables incluidas en el modelo. No obstante, el número relativamente reducido de explotaciones limita la precisión de las estimaciones a nivel de explotación y multinivel. Asimismo, aunque la densidad de carga ganadera se calculó cuantitativamente como número de ovejas por hectárea, el umbral utilizado para distinguir entre una densidad baja-media (<20 ovejas/ha) y una alta (≥ 20 ovejas/ha) fue un punto de corte operativo basado en la distribución observada de las explotaciones participantes, y no un umbral epidemiológico previamente validado. Por consiguiente, la asociación observada respecto a la densidad de carga debe interpretarse con cautela, sobre todo porque dicha asociación resultó menos estable en el análisis de sensibilidad de efectos mixtos. La aplicabilidad de este umbral de densidad de carga a otros sistemas de producción ovina también requiere una evaluación adicional. Se necesitan estudios futuros que incluyan un mayor número de explotaciones y umbrales de densidad de carga preestablecidos para obtener estimaciones más sólidas de las asociaciones a nivel de explotación.

6. Conclusiones

Se detectó positividad a huevos de nematodos gastrointestinales de tipo strongílido en el 54,3 % de los ovinos muestreados. Los animales menores de 12 meses mostraron sistemáticamente mayores probabilidades de positividad en ambos enfoques analíticos. Una elevada densidad de carga ganadera se asoció con la positividad en el análisis multivariante principal; sin embargo, dicha asociación no resultó estadísticamente significativa en el análisis de sensibilidad de efectos mixtos, por lo que debe interpretarse con cautela. Estos hallazgos proporcionan información epidemiológica de referencia para las explotaciones ovinas participantes y respaldan la consideración de la edad de los animales y de las características de manejo a nivel de explotación en las estrategias de control de parásitos.

Material suplementario: La siguiente información complementaria puede descargarse en <https://www.mdpi.com/article/10.3390/vetsci13090934/s1>: Tabla S1: Distribución de los ovinos muestreados entre las unidades de producción incluidas en el estudio en la parroquia de Guanujo, Ecuador; Tabla S2: Características de los ovinos y de las unidades de producción; Tabla S3: Tamaño del rebaño, área de pastoreo efectiva y densidad de carga calculada de las explotaciones ovinas participantes; Tabla S4: Diagnóstico del modelo de regresión logística multivariable; Tabla S5: Características epidemiológicas a nivel individual, positividad a huevos de nematodos gastrointestinales tipo strongílido y recuento de huevos en heces (EPG) de los 70 ovinos incluidos en el estudio.

Contribución de los autores: M.F.M.-G.: Conceptualización, Metodología, Investigación,

Curación de datos, Análisis formal, Validación, Visualización, Escritura—borrador original.; F.B.-M.: Conceptualización, Metodología, Supervisión, Análisis formal, Administración de proyectos, Recursos, Adquisición de fondos, Redacción: revisión y edición, Validación, Correspondencia. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiación: Esta investigación no recibió financiación externa. Las instalaciones de laboratorio y el apoyo institucional fueron proporcionados por la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar.

Declaración del Comité de Revisión Institucional: El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador (código de aprobación UEB-CEI-DIV-AU-2026-039). Todos los procedimientos con animales se llevaron a cabo de conformidad con las directrices institucionales de bienestar animal y bioseguridad.

Declaración de consentimiento informado: Se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios o responsables de las 14 explotaciones ovinas participantes antes de la toma de muestras y la administración de los cuestionarios.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos presentados en este estudio están disponibles previa solicitud al autor de correspondencia. Los autores ponen a disposición la información que respalda los resultados presentados y pueden facilitarla a investigadores o partes interesadas previa solicitud razonable dirigida al autor de correspondencia, respetando los principios éticos y de confidencialidad aplicables..

Agradecimientos: Los autores expresan su más sincero agradecimiento al Departamento de Posgrado y Educación Continua de la Universidad Estatal de Bolívar, así como a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Centro de Investigación en Microbiología Aplicada, Biotecnología y Fitoquímica (CIMABiF), y Grupo de Investigación Estudios de la Biomasa por el apoyo institucional brindado y por facilitar los espacios, recursos y condiciones necesarias durante este tiempo para el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Roeber, F.; Jex, A.R.; Gasser, R.B. Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance—An Australian perspective. *Parasit. Vectors* **2013**, *6*, 153. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
2. Macedo, I.F.; de Oliveira, L.B.; Ribeiro, W.C.; Dos Santos, J.M.; Silva, K.C.; Filho, J.A.; Bevilacqua, C.M. Anthelmintic activity of *Cymbopogon citratus* against *Haemonchus contortus*. *Braz. J. Vet. Parasitol.* **2015**, *24*, 268–275. [CrossRef]
3. Elseadawy, R.; Abbas, I.; Al-Araby, M.; Abu-Elwafa, S. Molecular identification of different *Trichostrongylus* species infecting sheep and goats from Dakahlia governorate, Egypt. *J. Parasit. Dis.* **2021**, *45*, 218–227. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
4. Abbas, I.; Hildreth, M. Egg autofluorescence and options for detecting peanut agglutinin binding for the identification of *Haemonchus contortus* eggs in fecal samples. *Vet. Parasitol.* **2019**, *267*, 69–74. [CrossRef]
5. do Nascimento, J.M.; Brito, S.V.; Teixeira, A.A.; Guimarães, R.; Rodrigues, A.A.; do Nascimento, J.; Sousa, F.; Leme da Cunha, I.A. Potential distribution modelling for *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae) in South America. *Parasitol. Res.* **2024**, *123*, 227. [CrossRef]
6. Sallé, G.; Doyle, S.R.; Cortet, J.; Cabaret, J.; Berriman, M.; Holroyd, N.; Cotton, J.A. The global diversity of *Haemonchus contortus* is shaped by human intervention and climate. *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 4811. [CrossRef]
7. Oliveira, A.M.; Souto, E.P.F.; Aguiar, A.A.R.M.; Formiga, V.H.A.S.; Feitosa, T.F.; Dantas, A.F.M.; Vilela, V.L.R. Epidemiological Insights into Haemonchosis from Necropsy Records of Small Ruminants in Northeast Brazil. *Parasitologia* **2025**, *5*, 55. [CrossRef]
8. Parvin, S.; Dey, A.R.; Shohana, N.N.; Anisuzzaman Talukder, M.H.; Alam, M.Z. *Haemonchus contortus*, an obligatory haematophagous worm infection in small ruminants: Population genetics and genetic diversity. *Saudi J. Biol. Sci.* **2024**, *31*, 104030. [CrossRef]
9. Western College of Veterinary Medicine. *Trichostrongyles and Other GI Nematodes*; University of Saskatchewan: Saskatoon, SK, Canada, 2021; Volume 3. Available online: <https://wcvvm.usask.ca/learnaboutparasites/parasites/trichostrongyles-and-other-gi-nematodes.php> (accessed on 25 June 2026).
10. Escribano, C.S. Immunological Evaluation of Sheep Resistant and Susceptible to Infestation by the Nematode *Haemonchus* <https://doi.org/10.3390/vetsci13090934>

- contortus*. Master's Thesis, Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay, 2022. Available online: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/22718> (accessed on 25 June 2026).
11. Khan, A.; Jamil, M.; Ullah, S.; Ramzan, F.; Khan, H.; Ullah, N.; Ali, M.; Rehman, A.U.; Jabeen, N.; Amber, R. The Prevalence of Gastrointestinal Nematodes in Livestock and their Health Hazards: A Review. *World Vet. J.* **2023**, *13*, 57–64. [\[CrossRef\]](#)
 12. Solís-Carrasco, J.; Gaxiola-Camacho, S.; Enríquez-Verdugo, I.; Portillo-Loera, J.; López-Valencia, G.; Castro-del-Campo, N. Factores ambientales asociados a la prevalencia de *Haemonchus* spp. en corderos de la zona centro de Sinaloa. *Abanico Vet.* **2021**, *11*, 1–14. [\[CrossRef\]](#)
 13. Mohamed, M.O.; Yasin, A.M.; Jama, N.A. Assessment of the prevalence and risk factors of *Haemonchus contortus* infection of sheep and goats in Afgooye district, Somalia. *Res. Sq.* **2024**, 1–19. [\[CrossRef\]](#)
 14. Mavundela, S.; Dzemo, W.D. Anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of small ruminants in Southern Africa: A review and comparative analysis. *Vet. Res. Commun.* **2026**, *50*, 413. [\[CrossRef\]](#)
 15. Qamar, W.; Alkheraije, K.A. Anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus* of sheep and goats from Asia—A review of *in vitro* and *in vivo* studies. *Pak. Vet. J.* **2023**, *43*, 376–387. [\[CrossRef\]](#)
 16. Ehnert, P.; Krücken, J.; Fiedler, S.; Horn, F.; Helm, C.S.; Neubert, A.; Weiher, W.; Terhalle, W.; Steuber, S.; Daher, R.; et al. Anthelmintic resistance against benzimidazoles and macrocyclic lactones in strongyle populations on cattle farms in northern Germany. *Sci. Rep.* **2025**, *15*, 17973. [\[CrossRef\]](#)
 17. Sajovitz-Grohmann, F.; Adduci, I.; Werling, D.; Wiedermann, S.; Wortha, L.N.; Prole, B.; Lichtmannsperger, K. Safety and efficacy of a novel glycoengineered recombinant vaccine candidate against *Haemonchus contortus* in sheep. *npj Vaccines* **2025**, *10*, 190. [\[CrossRef\]](#)
 18. Holguín-Céspedes, G.K.; Díaz-Rivera, E. Anthelmintic resistance in sheep farms in the warm valley of the Upper Magdalena—Tolima. *Rev. Investig. Vet. Perú* **2023**, *34*, e24591. [\[CrossRef\]](#)
 19. Pilataxi Simbaña, J.D. Preparation and Application of Parasitic Antigen (*Haemonchus*) in Sheep. Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, 2021; 72p. Available online: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7938> (accessed on 25 June 2026).
 20. Vilela, V.L.R.; Bezerra, H.M.F.; Bezerra, R.A.; Dantas, M.O.; Alcântara Émerson, T.; Oliveira, L.V.S.; Nóbrega, K.S.; Calazans, F.B.; Feitosa, T.; Braga, F.R.; et al. Sustainable agriculture: The use of FAMACHA method in Santa Ines sheep in the Semi-arid region of Brazil. *Semin. Ciências Agrárias* **2021**, *42*, 1647–1662. [\[CrossRef\]](#)
 21. Rojas-Hernández, S.; Gutiérrez-Segura, I.; Olivares-Pérez, J.; Valencia-Almazán, M.T. Prevalencia de nemátodos gastrointestinales en ovinos en pastoreo en la parte alta del municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero-México. *Rev. Electrón. Vet.* **2007**, *8*, 1–7.
 22. Tachack, E.B.; Oviedo-Socarrás, T.; Pastrana, M.O.; Pérez-Cogollo, L.C.; Benavides, Y.H.; Pinto, C.R.; Garay, O.V. Status of gastrointestinal nematode infections and associated epidemiological factors in sheep from Córdoba, Colombia. *Trop. Anim. Health Prod.* **2022**, *54*, 171. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PubMed Central\]](#)
 23. Martins, N.S.; Dos Santos, C.C.; da Motta, S.P.; Moreira, A.D.S.; Farias, N.A.D.R.; Ruas, J.L. Gastrointestinal Parasites in Sheep from the Brazilian Pampa Biome: Prevalence and Associated Factors. *Braz. J. Vet. Med.* **2022**, *44*, e001522. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PubMed Central\]](#)
 24. Mohamed, S.A.-A.; Dyab, A.K.; Raya-Álvarez, E.; Abdel-Aziz, F.M.; Osman, F.; Gareh, A.; Farag, A.M.M.; Salman, D.; El-Khadragy, M.F.; Bravo-Barriga, D.; et al. Molecular identification of *Haemonchus contortus* in sheep from Upper Egypt. *Front. Vet. Sci.* **2024**, *10*, 1327424. [\[CrossRef\]](#).
 25. Boukhari, M.I.; Elfadil, A.A.M.; Omer, F.A.; Shuaib, Y.A. Prevalence and risk factors of *Haemonchus contortus* in sheep in Khartoum State, Sudan. *IOSR J. Agric. Vet. Sci.* **2016**, *9*, 77–83.
 26. Ahmad, N.; Khan, S.A.; Majid, H.A.; Ali, R.; Ullah, R.; Bari, A.; Akbar, N.U.; Majid, A. Epidemiology and phylogeny of *Haemonchus contortus* through internal transcribed spacer 2 gene in small ruminants. *Front. Vet. Sci.* **2024**, *11*, 1380203. [\[CrossRef\]](#)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Tablas suplementarias en inglés:

Supplementary files

Table S1. Distribution of sampled sheep among the production units included in the study in Guanujo parish, Ecuador.

Sector	Farms code	Animals sampled
Centro de Guanujo	CGa	6
Centro de Guanujo	CGb	4
Nuevo Guanujo	NGa	4
Nuevo Guanujo	NGb	4
Carbón Chinipamba	CCh	5
Quinoa Corral	QCa	5
Quinoa Corral	QCb	4
Callanayacu	CAa	5
Callanayacu	CAb	4
Llullundongo	SjLa	8
Llullundongo	SjLb	4
Rayo Alto	RaAl	5
Rumipungo	RUa	6
Rumipungo	RUb	6
Total	14	70

Table S2. Characteristics of the sheep and production units

Variable	Category	n	%
Animals (level n=70)			
Age	Lambs	17	24.3
	Juvenile	34	48.6
	Adults	19	27.1
Sex	Female	45	64.3
	Male	25	35.7
Physiological status	Growing	39	55.7
	Suckling	17	24.3
	Non-pregnant	9	12.9
	Pregnant	5	7.1
Production units (n = 14)			
Production system	Extensive	7	50.0
	Semi-intensive	5	35.7
	Intensive	2	14.3
Deworming frequency	<1 time/year	10	71.4
	1–2 times/year	2	14.3
	>2 times/year	2	14.3
Pasture rotation	Yes	5	35.7
	No	9	64.3
Stocking density	High	8	57.1
	Low–medium	6	42.9

Table S3. Flock size, effective grazing area, and calculated stocking density of the participating sheep farms.

Farm	Total sheep	Grazing area (ha)	Stocking density (sheep/ha)	Density category
CGa	10	0.3	33.33	High
CGb	15	0.4	37.50	High
NGa	15	1.2	12.50	Low-medium
NGb	12	1.0	12.00	Low-medium
CCh	16	2.0	8.00	Low-medium
QCa	10	0.5	20.00	High
QCb	12	1.5	8.00	Low-medium
CAa	12	1.0	12.00	Low-medium
CAb	12	0.5	24.00	High
SjLa	15	0.3	50.00	High
SjLb	10	1.0	10.00	Low-medium
RaAl	15	0.5	30.00	High
RUa	16	0.4	40.00	High
RUb	10	0.3	33.33	High

Table S4. Diagnosis of the multivariable logistic regression model

Indicator	Results
Number of animals	70
Number of farms	14
Positives animals	38
Hosmer–Lemeshow χ^2	0.654
Degrees of freedom	2
<i>P-value</i>	0.721
Area under the ROC curve (AUC)	0.724
95% CI of the AUC	0.630–0.811
Maximum Cook's distance	0.071
Influential observations	4
Maximum VIF	1.03

Table S5. Individual-level epidemiological characteristics, strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity, and fecal egg counts (EPG) of the 70 sheep included in the study.

Animal	Farm	Production system	Age	Sex	Physiological status	Stocking density	Positive	EPG
1	CGa	Extensive	Lamb	Female	Suckling	High	1	320
2	CGa	Extensive	Lamb	Male	Suckling	High	1	3045
3	CGa	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	1	510
4	CGa	Extensive	Lamb	Female	Suckling	High	1	250
5	CGa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	0	—
6	CGa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	0	—
7	CGb	Extensive	Lamb	Male	Suckling	High	0	—
8	CGb	Extensive	Lamb	Female	Suckling	High	1	600
9	CGb	Extensive	Lamb	Male	Suckling	High	1	200
10	CGb	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	280
11	NGa	Semi-intensive	Juvenile	Male	Growing	Low	1	2400
12	NGa	Semi-intensive	Lamb	Female	Suckling	Low	0	—
13	NGa	Semi-intensive	Lamb	Male	Suckling	Low	1	256
14	NGa	Semi-intensive	Juvenile	Female	Growing	Low	0	—

15	NGb	Semi-intensive	Juvenile	Male	Growing	Low	1	300
16	NGb	Semi-intensive	Lamb	Female	Suckling	Low	1	200
17	NGb	Semi-intensive	Lamb	Male	Suckling	Low	0	—
18	NGb	Semi-intensive	Lamb	Female	Suckling	Low	0	—
19	CCh	Extensive	Juvenile	Female	Growing	Low	1	1000
20	CCh	Extensive	Lamb	Male	Suckling	Low	1	350
21	CCh	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	Low	0	—
22	CCh	Extensive	Juvenile	Male	Growing	Low	1	2540
23	CCh	Extensive	Juvenile	Female	Growing	Low	0	—
24	QCa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	430
25	QCa	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	0	—
26	QCa	Extensive	Lamb	Female	Suckling	High	0	—
27	QCa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	1310
28	QCa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	0	—
29	QCb	Semi-intensive	Juvenile	Female	Growing	Low	1	318
30	QCb	Semi-intensive	Adult	Female	Non-pregnant	Low	0	—
31	QCb	Semi-intensive	Lamb	Male	Suckling	Low	1	2100
32	QCb	Semi-intensive	Juvenile	Male	Growing	Low	0	—
33	CAa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	Low	1	982
34	CAa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	Low	1	1200
35	CAa	Extensive	Lamb	Female	Suckling	Low	0	—
36	CAa	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	Low	0	—
37	CAa	Extensive	Adult	Female	Pregnant	Low	0	—
38	CAB	Semi-intensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	250
39	CAB	Semi-intensive	Lamb	Male	Suckling	High	1	320
40	CAB	Semi-intensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	1500
41	CAB	Semi-intensive	Adult	Female	Pregnant	High	0	—
42	SjLa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	3500
43	SjLa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	650
44	SjLa	Extensive	Lamb	Female	Suckling	High	0	—
45	SjLa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	2970
46	SjLa	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	1	385
47	SjLa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	430
48	SjLa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	3000
49	SjLa	Extensive	Adult	Female	Pregnant	High	0	—
50	SjLb	Semi-intensive	Juvenile	Male	Growing	Low	1	982
51	SjLb	Semi-intensive	Juvenile	Female	Growing	Low	0	—
52	SjLb	Semi-intensive	Juvenile	Male	Growing	Low	0	—
53	SjLb	Semi-intensive	Juvenile	Female	Growing	Low	0	—
54	RaAl	Intensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	920
55	RaAl	Intensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	320
56	RaAl	Intensive	Juvenile	Male	Growing	High	0	—
57	RaAl	Intensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	0	—
58	RaAl	Intensive	Juvenile	Female	Growing	High	0	—
59	RUa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	1200
60	RUa	Extensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	1050
61	RUa	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	0	—
62	RUa	Extensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	1	3320
63	RUa	Extensive	Juvenile	Male	Growing	High	1	3000
64	RUa	Extensive	Adult	Female	Pregnant	High	0	—
65	RUb	Intensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	1	200
66	RUb	Intensive	Adult	Female	Pregnant	High	0	—
67	RUb	Intensive	Adult	Female	Non-pregnant	High	0	—
68	RUb	Intensive	Adult	Female	Pregnant	High	0	—
69	RUb	Intensive	Juvenile	Female	Growing	High	1	1100

70	RUb	Intensive	Adult	Female	Pregnant	High	0	—
----	-----	-----------	-------	--------	----------	------	---	---

Article

Strongyle-Type Gastrointestinal Nematode Egg Positivity, Fecal Egg Counts, and Associated Factors in Sheep from Guanujo Parish, Ecuador

María Felicidad Morejón-García and Favian Bayas-Morejón *

Programa de Maestría en Ciencias Veterinarias, Departamento de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda 020150, Ecuador; mmorejón@ueb.edu.ec

* Correspondence: fbayas@ueb.edu.ec

Simple Summary

Intestinal parasites pose a significant problem for sheep farming, affecting animal health and potentially causing economic losses. This study evaluated the presence, intensity, and main factors related to infection in 70 sheep from 14 farms in the Guanujo parish, Ecuador. The results showed that 54.3% of the animals were positive for strongyle-type gastrointestinal nematode eggs, primarily at mild to moderate levels, although some severe cases were also identified. Sheep younger than 12 months showed consistently higher odds of strongyle-type egg positivity. High stocking density was associated with positivity in the primary analysis, although this association was less stable in the sensitivity analysis. Strongyle-type egg positivity was frequently detected among the sampled sheep and participating farms. These results will inform prevention and control measures, improve animal health, and promote more sustainable sheep production.

Abstract

Background: Strongyle-type gastrointestinal nematodes are among the most important parasitic infections affecting sheep production because of the health and economic losses they cause. **Aim:** The aim of this study was to determine the positivity, parasite burden, and factors associated with positivity to strongyle-type gastrointestinal nematode eggs in sheep from Guanujo parish, Ecuador. **Methods:** A quantitative, descriptive, cross-sectional study was conducted between November 2025 and March 2026. Seventy fecal samples were collected individually via rectal sampling from sheep randomly selected within 14 participating farms. The samples were analyzed using coproparasitological techniques with the modified McMaster method to quantify eggs per gram of feces (EPG). Subsequently, univariate analysis and multivariable logistic regression were performed to identify factors associated with positivity for strongyle-type gastrointestinal nematode eggs. **Results:** The overall positivity was 54.3% (38/70), with a mean parasite burden of 1150 EPG. Mild and moderate infections predominated, although severe infections were also detected. After multivariable adjustment, younger age was consistently associated with positivity. High stocking density was associated with positivity in the primary model, although this association was less stable in the mixed-effects sensitivity analysis. Sheep younger than 12 months showed higher odds of positivity than adults (adjusted OR = 8.75; 95% CI: 3.42–22.38; $p < 0.001$), while animals from farms with high stocking density also showed higher odds of positivity (adjusted OR = 2.69; 95% CI: 1.21–5.97; $p = 0.015$). **Conclusions:** Younger age was the most consistent factor associated with strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity. High stocking density showed higher odds of positivity in the



Academic Editors: Felipe M. Salvarani, Sheyla Farhayldes Souza Domingues and Júlia Angélica Gonçalves Da Silveira

Received: 19 July 2026

Revised: 29 August 2026

Accepted: 31 August 2026

Published: 9 September 2026

Copyright: © 2026 by the authors.

Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

primary analysis, but this association was not statistically significant in the mixed-effects sensitivity analysis and should therefore be interpreted cautiously.

Keywords: sheep; strongyle-type eggs; gastrointestinal nematodes; fecal egg count; modified McMaster technique; stocking density; Ecuador

1. Introduction

Gastrointestinal parasitosis is a major health and production constraint affecting sheep worldwide, particularly under extensive and semi-intensive production systems. Among the most relevant parasites are strongyle-type gastrointestinal nematodes, which include several genera of veterinary importance and are associated with reduced weight gain, impaired feed efficiency, decreased productivity, and, in severe infections, increased morbidity and mortality [1–4].

Strongyle-type gastrointestinal nematodes include several genera of veterinary importance, including *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Teladorsagia*, *Ostertagia*, *Cooperia*, and *Nematodirus*. These parasites are among the main agents affecting grazing sheep due to their negative effects on health, growth, and productivity, as well as the economic losses they generate in small ruminant production systems [3]. Among them, *Haemonchus* and *Trichostrongylus* are among the genera most frequently reported in sheep and goats worldwide, although their distribution, prevalence, and pathogenicity can vary depending on environmental conditions, host susceptibility, and management practices [3,4].

The clinical manifestations associated with these nematodes depend on the genus involved, the parasite load, the age, immune status, and nutritional condition of the host. Moderate to severe infections can cause anemia, enteritis, diarrhea, decreased body condition and weight gain, reduced productivity, and, in severe cases, mortality, especially in young or immunocompromised animals [4]. Although *Haemonchus contortus* is a particularly pathogenic species due to its hematophagous behavior and high reproductive capacity [5–7], the eggs of this and other trichostrongylids have similar morphological characteristics, so their presence cannot be specifically attributed to using coproparasitological techniques based solely on egg morphology.

Strongyle-type gastrointestinal nematodes have a direct life cycle, with free-living environmental stages (egg, L1, L2, and infective L3 larvae) and parasitic stages within the host gastrointestinal tract. Temperature and humidity significantly influence the development and survival of the environmental stages; infection occurs primarily when sheep ingest infective L3 larvae while grazing [2,8,9]. These characteristics favor the persistence of transmission in grazing systems when suitable environmental conditions and fecal contamination of pastures are present [3].

The occurrence and burden of strongyle-type gastrointestinal nematodes are determined by the interaction of environmental, individual, and management factors. Among the main factors described are climatic conditions, age, physiological state, production system, animal density, grazing management, and sanitary practices [10,11]. Warm and humid environments favor the development and survival of infective larvae in pastures, while various epidemiological studies have reported higher positivity rates in young animals, herds with irregular deworming programs, and animals with low body condition; however, these associations can vary according to local environmental and production conditions [12–14].

Control of strongyle-type gastrointestinal nematodes is further complicated by the increasing occurrence of anthelmintic resistance, which has reduced the effectiveness of

conventional treatment programs in different sheep-production systems [15,16]. Consequently, integrated parasite-control approaches combining appropriate anthelmintic use, fecal egg-count monitoring, grazing management, and other preventive measures have been increasingly recommended [17–20]. Nevertheless, the design of locally appropriate control strategies requires epidemiological information on parasite occurrence, fecal egg counts, and the animal- and farm-level characteristics associated with positivity.

In Ecuador, sheep production is concentrated mainly in the Andean region, including Bolívar Province, where extensive and semi-intensive production systems and traditional management practices are common. Previous studies in Ecuador have documented gastrointestinal nematode infections in sheep [19]; however, local epidemiological information remains limited, particularly regarding strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity and its association with animal and farm-management characteristics in Guanujo parish. This lack of information limits the establishment of baseline epidemiological data for this production area.

Importantly, although several strongyle-type gastrointestinal nematode genera of veterinary importance may infect sheep, their eggs are morphologically similar, and the modified McMaster technique used in the present study does not permit reliable genus- or species-level differentiation. Therefore, the diagnostic outcome of this study was defined as positivity to strongyle-type gastrointestinal nematode eggs, and no genus- or species-specific attribution was made.

Therefore, the aim of this study was to determine the positivity, fecal egg counts, and factors statistically associated with strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity in sheep from participating farms in Guanujo parish, Bolívar Province, Ecuador. The study was intended to generate baseline epidemiological information for the sampled sheep and farms and to support future, larger-scale investigations and integrated parasite-management strategies under Andean sheep-production conditions.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area and Study Period

In this study, sheep fecal samples were collected in the parish of Guanujo and parasitologically analyzed at the laboratories of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Estatal de Bolívar between November 2025 and March 2026.

2.2. Methodological Approach and Study Design

The study employed a quantitative, observational, cross-sectional, descriptive, and analytical design. During the defined study period, fecal samples and animal- and farm-level information were collected to estimate strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity and fecal egg counts and to evaluate factors statistically associated with positivity.

2.3. Study Population, Unit of Analysis, and Unit of Observation

2.3.1. Study Population

In the investigation, the population consisted of approximately 650 sheep belonging to production units in the Guanujo parish.

2.3.2. Unit of Analysis and Unit of Observation

The unit of analysis and observation was each sampled sheep. An individual fecal sample was collected from every animal, together with animal-level and farm-level information on productive, sanitary, and management characteristics.

2.4. Sample Size Calculation

Based on an estimated population of 650 sheep in the parish of Guanujo, the minimum sample size was calculated using the formula for estimating a proportion in a finite population. A 95% confidence level ($Z = 1.96$), an expected positivity of 50% ($p = 0.50$) due to the lack of previous studies in the area, and an absolute margin of error of 10% ($d = 0.10$) were used. The minimum sample size was 60 animals. To compensate for potential sample losses or unsuitable samples, 70 sheep were ultimately included. The sample size was considered adequate for estimating positivity but may have limited the precision of multivariable analyses performed at the farm level.

2.5. Farm Selection and Sampling Procedure

Fourteen sheep farms located in the parish of Guanujo were selected using convenience sampling, considering accessibility and the owners' willingness to participate. The geographical distribution of the participating farms within the study area is shown in Figure 1, while the number of sheep sampled from each farm is provided in Table S1.

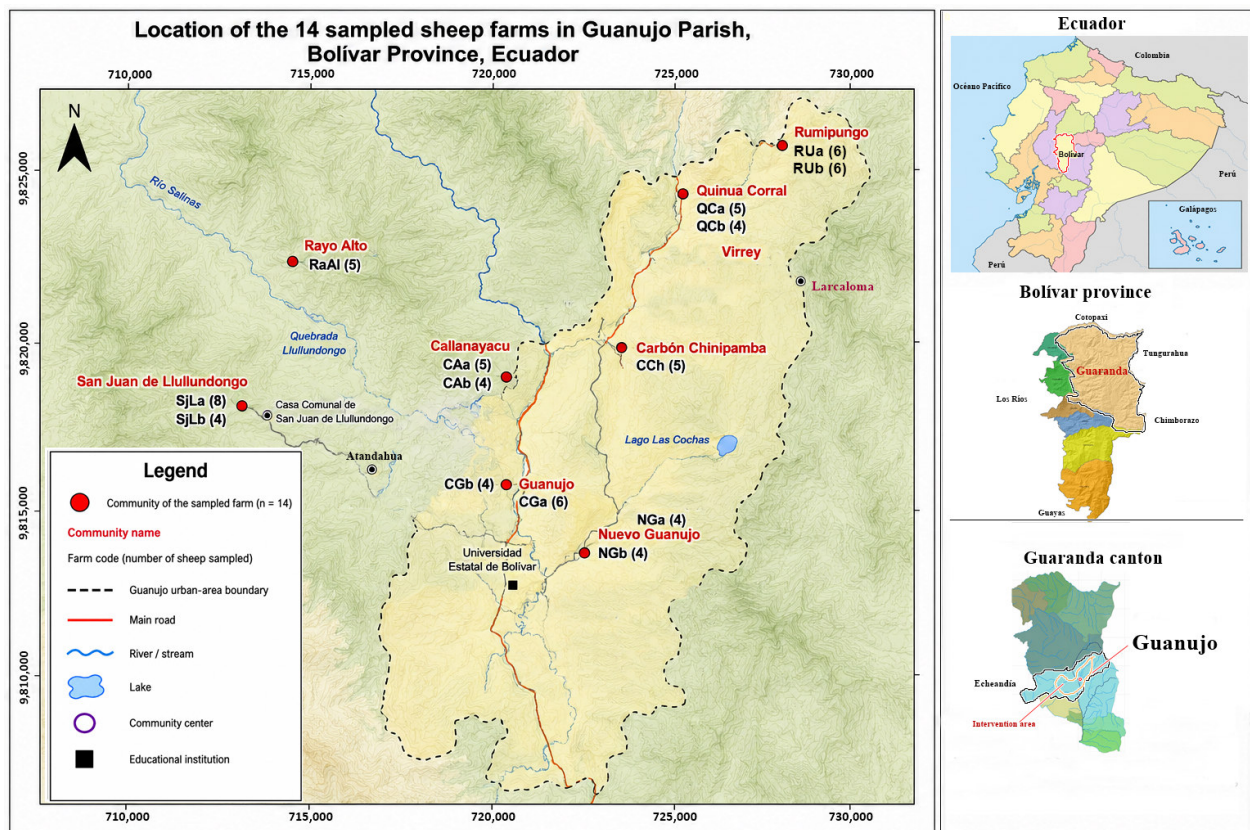


Figure 1. Geographic location of the 14 sheep farms included in the study in Guanujo Parish, Bolívar Province, Ecuador.

At each farm, sequential identification codes and numbers were assigned to the sheep, and individual animals were selected using simple random sampling with a random number procedure generated in Microsoft Excel until the predetermined number of animals for each farm was reached.

2.6. Study Population and Animal Classification

All sheep included in the study were crossbred Merino $\times$ East Friesian, a genetic composition commonly found among the participating farms in the study area. Animals were classified according to age as lambs (<6 months), juveniles (6–12 months), or adults

(>12 months). Physiological status was categorized as suckling, pregnant, non-pregnant, or growing. This population composition allowed the evaluation of strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity across different age and physiological categories, facilitating the assessment of these variables as potential factors statistically associated with positivity.

2.7. Farm Management Characteristics

Stocking density was calculated at the farm level as the total number of sheep divided by the effective grazing area, expressed as sheep per hectare (sheep/ha). Based on the observed distribution of stocking densities across the participating farms and the natural separation between categories, farms were classified as having low–medium stocking density (<20 sheep/ha) or high stocking density ($\geq$ 20 sheep/ha). Stocking densities ranged from 8.0 to 12.5 sheep/ha among farms classified as low–medium and from 20.0 to 50.0 sheep/ha among farms classified as high (Table S3).

The 20 sheep/ha cut-off was used as an operational threshold based on the observed distribution of the participating farms and should not be interpreted as a universally established epidemiological threshold.

2.8. Fecal Sample Collection, Preservation, and Transport

Approximately 10–20 g of feces was collected directly from the rectum of each sheep using disposable gloves. Samples were placed in sterile, airtight, individually labeled containers and transported under refrigerated conditions at approximately 4 °C. Copro-parasitological analyses were performed within four hours after collection.

2.9. Coproparasitological Analysis

All fecal samples were analyzed using the modified McMaster technique to determine the presence and fecal egg counts of strongyle-type gastrointestinal nematode eggs. Briefly, 4 g of feces were homogenized with a flotation solution to obtain the appropriate dilution for egg counting. The resulting suspension was filtered and introduced into a 0.15 mL McMaster counting chamber, following the standard operating procedure for the technique. The egg count was multiplied by a conversion factor of 50, and the results were expressed as eggs per gram of feces (EPG). Eggs compatible with strongyle-type gastrointestinal nematodes were identified based on their morphological characteristics observed using light microscopy, including their oval shape, thin, transparent shell, and the presence of a morula composed of multiple blastomeres, following standard parasitological identification keys. Because eggs of trichostrongylid nematodes are morphologically indistinguishable by fecal examination, parasite identification was limited to strongyle-type eggs and did not permit genus- or species-level identification.

All microscopic examinations were performed by laboratory personnel trained and experienced in veterinary parasitology. Samples were considered positive when at least one morphologically compatible strongyle-type egg was observed in the McMaster counting chamber. Therefore, all subsequent analyses and interpretations were based on positivity to strongyle-type gastrointestinal nematode eggs rather than on the identification of specific parasite genera or species.

Under the modified McMaster protocol used in this study, the multiplication factor of 50 corresponded to an analytical detection limit of 50 EPG. Therefore, the observation of a morphologically compatible strongylid-type egg in the counting chamber corresponded to a minimum detectable count of 50 EPG to be considered positive. Samples with egg burdens below this analytical threshold could potentially have been classified as negative, and this limitation should be considered when interpreting positivity estimates and low-intensity infections.

2.10. Data Collection and Study Variables

2.10.1. Data Collection

Information was collected at both the animal and farm levels using a standardized data collection form specifically designed for this study. Animal-level information was obtained through direct observation, physical examination, and consultation of farm records, when available. Farm management information was obtained through a structured interview with the owner or the person responsible for herd management. The data collection form included variables related to animal identification, age, sex, and physiological state. Information was also recorded on the production system, stocking rate, deworming practices, pasture rotation, and the geographic location of each farm. Data on management-related variables were obtained directly from the producers during the interview.

2.10.2. Dependent Variable

The primary dependent variable was positivity to strongyle-type gastrointestinal nematode eggs, classified as positive or negative according to the coproparasitological examination performed using the modified McMaster technique. An animal was considered positive when at least one morphologically compatible strongyle-type egg was observed during microscopic examination. Because eggs of trichostrongylid nematodes are morphologically indistinguishable, positivity referred exclusively to strongyle-type eggs and not to any specific parasite genus or species.

The secondary outcome variable was parasite burden, expressed as eggs per gram of feces (EPG), calculated using the modified McMaster technique with a multiplication factor of 50. EPG values were analyzed as a continuous quantitative variable and were subsequently categorized as mild (<500 EPG), moderate (500–1500 EPG), or severe (>1500 EPG) infection for descriptive purposes.

2.10.3. Independent Variables

The explanatory variables evaluated in this study were classified into animal-level variables and farm-level management variables. Animal-level variables included age, sex, and physiological status. Farm-level variables included production system, deworming frequency, pasture rotation, and stocking density.

Age was determined from farm records when available and, when necessary, confirmed by dental examination. Animals were classified as lambs (<6 months), juveniles (6–12 months), and adults (>12 months). Sex was recorded as male or female.

Physiological status was established from farm records, owner information, and physical examination. Animals were classified according to their physiological status as suckling, growing, pregnant, or non-pregnant. Suckling animals were those that were still dependent on maternal milk, whereas growing animals corresponded to animals in the active growth stage. Adult females were classified as pregnant or non-pregnant according to their reproductive status at the time of sampling.

Production systems were classified as intensive, semi-intensive, or extensive according to grazing management and feeding practices. Deworming frequency was categorized as <1 time/year, 1–2 times/year, or >2 times/year based on information provided by the farmers. Pasture rotation was recorded as yes or no, and stocking density was classified as high or low–medium according to the number of sheep maintained per hectare under the management conditions of each production unit.

Stocking density was analyzed as a dichotomous farm-level variable using the operational threshold defined in Section 2.7: low–medium (<20 sheep/ha) and high ($\geq$ 20 sheep/ha).

2.11. Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using InfoStat 2020I/free. Descriptive analysis was performed using frequencies and percentages for categorical variables, while quantitative variables were summarized using mean and standard deviation or median and interquartile range, depending on their distribution. The positivity of the strongyle-type eggs was estimated with its respective 95% confidence intervals, and the parasite load was expressed as eggs per gram of feces (EPG). Associations between positivity and explanatory variables were initially evaluated using univariate logistic regression models with cluster-robust standard errors grouped by farm, estimating crude odds ratios (ORs) and their corresponding 95% confidence intervals.

Variables showing a p -value < 0.20 in the univariate analysis, along with variables considered biologically relevant according to previous epidemiological evidence, were entered into the initial multivariable logistic regression model. Variable selection followed a backward elimination procedure, assessing changes in regression coefficients and biological plausibility. Multicollinearity was assessed using the variance inflation factor (VIF), with values below 5 considered acceptable. Model calibration was evaluated using the Hosmer–Lemeshow goodness-of-fit test, while model discrimination was analyzed by calculating the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC). Standardized residuals and Cook's distance were examined to identify influential observations. To account for the hierarchical structure of the data, cluster-robust standard errors grouped by farm were used to correct the estimated standard errors for the non-independence of animals belonging to the same production unit.

As a sensitivity analysis, a mixed-effects logistic regression model was fitted using farm as a random intercept to explicitly account for the hierarchical structure of sheep nested within farms. The fixed-effect component included the variables retained in the final multivariable model. The estimates obtained from the mixed-effects model were compared with those from the primary logistic regression model with cluster-robust standard errors. Because only 14 farms were included, the variance of the random effect and model convergence were carefully evaluated, and the results were interpreted cautiously.

2.12. Ethical Approval and Animal Welfare

The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the Vice-Rectorate for Research of the Universidad Estatal de Bolívar under approval code UEB-CEI-DIV-AU-2026-039. All animal-handling and sample-collection procedures were conducted in accordance with institutional biosafety and animal-welfare guidelines. We obtained informed consent from the owners or persons responsible for the participating farms before sample collection and questionnaire administration.

3. Results

3.1. Characteristics of the Study Population

A total of 70 sheep from 14 participating farms were evaluated. Juveniles represented 48.6% of the sampled animals, followed by adults (27.1%) and lambs (24.3%), and females accounted for 64.3% of the study population. Among the participating farms, extensive production systems predominated (50.0%), 71.4% reported deworming less than once per year, 64.3% did not implement pasture rotation, and 57.1% were classified as having high stocking density. Complete baseline characteristics are provided in Table S2.

3.2. Strongyle-Type Gastrointestinal Nematode Egg Positivity

Thirty-eight of the 70 evaluated sheep tested positive, corresponding to an overall positivity of 54.3% (38/70; 95% CI: 42.6–65.5%), whereas 45.7% (32/70) of the sampled

sheep were negative. Positive animals were detected in all evaluated sectors represented by the participating farms.

3.3. Fecal Egg Counts and Parasite Burden

Among the 38 positive animals (Table 1), fecal egg counts ranged from 200 to 3500 EPG. The distribution of fecal egg counts was right-skewed, with a median of 785 EPG (IQR: 320–1452.5 EPG), whereas the arithmetic mean was approximately 1150 EPG (SD: 1056.1 EPG), indicating considerable variability in egg shedding among positive animals. Individual animal-level data are provided in Table S5.

Table 1. Distribution of fecal egg counts according to infection-intensity categories among sheep positive for strongyle-type gastrointestinal.

Infection Intensity	EPG Range	Number of Positive Sheep	Frequency (%)	Mean EPG
Mild	<500	16	42.1	300.6
Moderate	500–1500	13	34.2	1000.3
Severe	>1500	9	23.7	2875.0
Total	—	38	100.0	1149.7

EPG: Eggs per gram.

3.4. Factors Associated with Positivity

The highest proportion of positive animals was observed among juveniles (70.6%), followed by lambs (58.8%), whereas adults showed the lowest positivity (21.1%). Males had a higher proportion of positive animals than females (72.0% vs. 44.4%). According to physiological status, animals in the growing stage showed the highest positivity (61.5%), followed by suckling animals (58.8%) and non-pregnant ewes (44.4%), whereas no positive animals were detected among pregnant ewes. Regarding farm-level characteristics, higher positivity was observed among sheep from extensive production systems (61.5%), farms with deworming frequencies of less than once per year (56.9%), farms without pasture rotation (59.1%), and farms with high stocking density (59.1%) (Table 2).

Table 2. Distribution of strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity according to animal- and farm-level characteristics.

Variable	Category	n	Positives	Positivity (%)
Age	Lambs (<6 months)	17	10	58.8
	Juvenile (6–12 months)	34	24	70.6
	Adults (>12 months)	19	4	21.1
Sex	Female	45	20	44.4
	Male	25	18	72.0
Physiological state	Suckling	17	10	58.8
	Growing	39	24	61.5
	Non-pregnant	9	4	44.4
	Pregnant	5	0	0.0
Production system	Extensive	39	24	61.5
	Semi-intensive	20	10	50.0
	Intensive	11	4	36.4
Deworming frequency	<1 time/year	51	29	56.9
	1–2 times/year	8	4	50.0
	>2 time/year	11	5	45.5

Table 2. Cont.

Variable	Category	n	Positives	Positivity (%)
Pasture rotation	No	44	26	59.1
	Yes	26	12	46.2
Stocking density	High (≥ 20 sheep/ha)	44	26	59.1
	Low-medium (< 20 sheep/ha)	26	12	46.2

3.5. Univariate Analysis

Table 3 presents the results of the univariate logistic regression analysis of the factors associated with positivity for strongyle-type gastrointestinal nematode eggs. Compared to adult animals, lambs (OR = 5.00; 95% CI: 1.76–14.22; $p = 0.003$) and juveniles (OR = 7.64; 95% CI: 2.30–25.33; $p = 0.001$) showed a higher probability of positivity. Likewise, males showed a higher probability of positivity than females (OR = 3.21; 95% CI: 1.30–7.95; $p = 0.011$). Regarding the production system, sheep raised in extensive systems showed a higher probability of testing positive than those kept in intensive systems (OR = 2.80; 95% CI: 1.71–4.58; $p < 0.001$), while the comparison between semi-intensive and intensive systems was not statistically significant ($p = 0.077$). No statistically significant associations were observed for deworming frequency, pasture rotation, or stocking density ($p > 0.05$). Variables with p -values < 0.20 in the univariate analysis were considered for inclusion in the multivariable logistic regression model.

Table 3. Univariate analysis of factors associated with positivity to strongyle-type gastrointestinal nematode eggs using logistic regression with robust standard errors grouped by farm.

Variable	Category	Reference	Crude OR	95% CI		p -Value
				Lower CI	Upper CI	
Age	Lamb	Adults	5.000	1.758–14.223		0.003
Age	Juvenile	Adults	7.636	2.302–25.329		0.001
Sex	Male	Female	3.214	1.304–7.925		0.011
System	Extensive	Intensive	2.800	1.713–4.578		0.000
System	Semi-intensive	Intensive	1.750	0.941–3.253		0.077
Deworming	< 1 time/year	> 2 times/year	1.582	0.641–3.902		0.319
Deworming	1–2 times/year	> 2 times/year	1.200	0.551–2.614		0.646
Rotation	No	Yes	1.685	0.818–3.470		0.157
Density	High (≥ 20 sheep/ha)	Low-medium (< 20 sheep/ha)	1.685	0.896–3.168		0.105

OR = Crude Odds Ratio; CI = 95% Confidence Interval. Variables with $p < 0.20$ in the univariate analysis, together with variables considered biologically relevant, were considered for inclusion in the multivariable model.

3.6. Multivariable Logistic Regression

As shown in Figure 2, sheep younger than 12 months had the largest adjusted odds ratio (aOR = 8.75; 95% CI: 3.42–22.38), whereas high stocking density was also statistically associated with strongyle-type egg positivity in the primary multivariable analysis (aOR = 2.69; 95% CI: 1.21–5.97). Both confidence intervals remained above the null value (OR = 1). These estimates and their corresponding 95% confidence intervals are graphically presented.

As a sensitivity analysis, a mixed-effects logistic regression model was fitted with farm included as a random intercept. The estimated between-farm random-effect variance was approximately zero, indicating little detectable residual heterogeneity among farms after adjustment for the variables included in the model. In this analysis, sheep younger than 12 months remained significantly associated with positivity to strongyle-type gastroin-

testinal nematode eggs (OR = 8.75; 95% CI: 2.32–33.03; $p = 0.001$). High stocking density showed an effect estimate in the same direction as the primary analysis (OR = 2.69), but the confidence interval included the null value (95% CI: 0.89–8.14; $p = 0.080$) (Table 4). Therefore, the association between young age and positivity was robust across analytical approaches, whereas the association with stocking density was less stable.

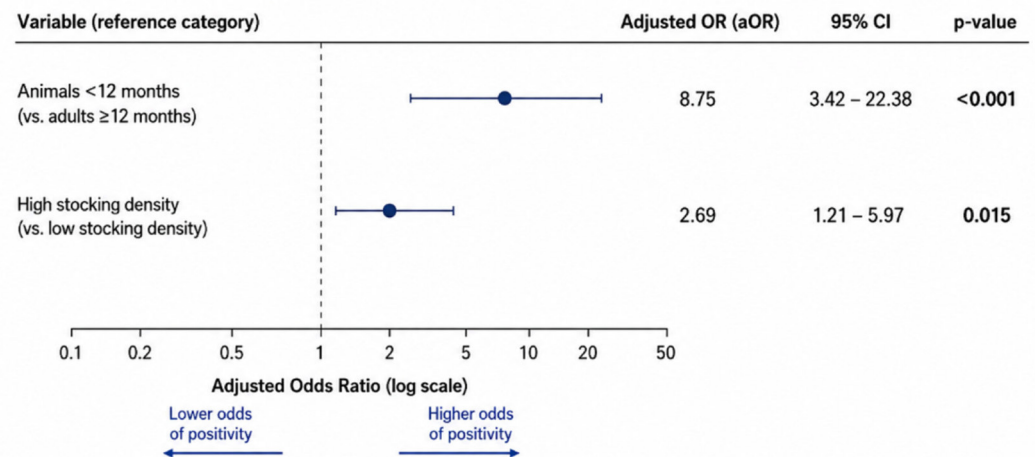


Figure 2. Forest plot of adjusted odds ratios (aORs) and 95% confidence intervals for factors associated with strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity in the primary multivariable logistic regression model. The vertical reference line at OR = 1 indicates the null value.

Table 4. Sensitivity analysis using mixed-effects logistic regression with farm as a random intercept.

Predictor	Comparison	OR	95% CI	p-Value
Age	<12 months vs. adults	8.75	2.32–33.03	0.001
Stocking density	High vs. low	2.69	0.89–8.14	0.080

Note: Farm was included as a random intercept. The estimated random-effect variance approached zero, indicating limited detectable residual between-farm heterogeneity.

The final multivariable logistic regression model with cluster-robust standard errors grouped by farm showed that animal age and stocking density remained statistically associated with positivity to strongyle-type gastrointestinal nematode eggs after adjustment for the variables included in the model. Animals younger than 12 months exhibited significantly greater odds of positivity than adults (adjusted OR = 8.75; 95% CI: 3.42–22.38; $p < 0.001$). Likewise, sheep raised on farms with high stocking density had higher odds of positivity than those maintained under low–medium stocking density (adjusted OR = 2.69; 95% CI: 1.21–5.97; $p = 0.015$). These findings represent adjusted statistical associations and should be interpreted considering the cross-sectional design of the study and the clustered sampling structure.

Model diagnostics supported an adequate performance of the final multivariable model. The Hosmer–Lemeshow test showed no evidence of poor calibration ($\chi^2 = 0.654$; $df = 2$; $p = 0.721$), while discrimination was acceptable (AUC = 0.724; 95% CI: 0.630–0.811). No relevant multicollinearity was detected (maximum VIF = 1.03), and Cook’s distance did not identify highly influential observations (maximum = 0.071). Complete model diagnostic results are provided in Table S4.

4. Discussion

4.1. Positivity of Strongyle-Type Gastrointestinal Nematodes

The positivity rate observed in this study was 54.3%, indicating a considerable frequency of strongyle-type gastrointestinal nematode eggs among the sheep sampled on participating farms in the Guanujo parish. This value was lower than that reported in other sheep production systems in Latin America. Rojas-Hernández et al. [21] reported a positivity of 77.63% in grazing sheep in Mexico, while in Colombia a value of 83.2% of strongyle-type gastrointestinal nematodes was recorded [22]. Similarly, Martins et al. [23] reported a value of 77.0% of strongyle-type eggs in sheep in Brazil.

The differences between these studies and the results obtained in Guanujo should be interpreted with caution, as estimates can be affected by variations in sample design, climatic conditions, production systems, grazing pressure, deworming practices, and diagnostic methods used. For this reason, a direct comparison of percentages between regions does not necessarily reflect real differences in parasite transmission, but rather the specific methodological and production characteristics of each study.

In the Guanujo context, the observed positivity may be related to characteristics of the management systems evaluated, such as extensive grazing, animal density, and sanitary practices; however, these factors should only be interpreted as possible epidemiological explanations. Due to the cross-sectional design of the study, the results allow for the identification of statistical associations, but do not establish temporal or causal relationships between management conditions and strongyle egg positivity.

Furthermore, because parasitological identification was performed exclusively using the modified McMaster technique, the results do not allow the observed positivity to be attributed to specific genera such as *Haemonchus* or *Trichostrongylus*. Consequently, the 54.3% estimate should be interpreted as positivity for strongyle-type gastrointestinal eggs in the participating animals and farms, and not as a specific estimate of infection by a particular genus or as a positivity representative of the entire sheep population of the parish.

4.2. Parasite Burden

Among the 38 positive animals, fecal egg counts showed considerable variability, ranging from 200 to 3500 EPG, with a median of 785 EPG (IQR: 320–1453 EPG) and an arithmetic mean of approximately 1150 EPG. The higher mean relative to the median reflects the right-skewed distribution of fecal egg counts, indicating that a subset of animals exhibited substantially higher egg shedding. Comparable mean values have been reported in South America, including 1255 EPG in Colombia [22] and 1349.84 EPG in Brazil [23]. However, direct comparisons should be interpreted cautiously because differences in sampling design, diagnostic procedures, environmental conditions, and production systems may influence fecal egg counts.

The observed variability in EPG suggests heterogeneous parasite egg shedding among positive sheep and supports the use of the median and interquartile range, in addition to the arithmetic mean, to characterize parasite burden. Furthermore, because parasite identification in the present study was based exclusively on strongyle-type eggs, these fecal egg counts cannot be attributed to *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, or any other specific gastrointestinal nematode genus. Therefore, the EPG values should be interpreted as an overall measure of strongyle-type gastrointestinal nematode egg shedding in the sampled animals rather than as genus- or species-specific parasite burdens.

4.3. Factors Associated with Strongyle-Type Gastrointestinal Nematode Egg Positivity

The multivariable analysis identified age and stocking density as the main factors associated with strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity. Young animals showed significantly higher odds of positivity than adults, and this association remained statistically significant in the mixed-effects sensitivity analysis, supporting the robustness of this finding. Similar epidemiological studies have reported higher frequencies of gastrointestinal nematode infection in young sheep, potentially related to differences in parasite exposure and the progressive development of acquired immune responses [13,24]. Nevertheless, because the present study is cross-sectional, this finding represents a statistical association and should not be interpreted as evidence of causality or inherent biological susceptibility.

High stocking density was also statistically associated with positivity in the primary multivariable analysis. However, although the magnitude and direction of this association remained similar in the mixed-effects sensitivity analysis, statistical significance was not maintained. Therefore, this result should be interpreted cautiously, particularly because stocking density was measured at the farm level and only 14 farms participated in the study. Previous studies have reported associations between grazing-related management conditions and gastrointestinal nematode infection, particularly in extensive systems and under environmental conditions favorable for parasite transmission [13,14,25]. In the present study, however, the production system itself did not remain independently associated with positivity after multivariable adjustment, suggesting that other correlated management characteristics may have partly explained its univariate association.

Similarly, sex, deworming frequency, and pasture rotation were not independently associated with strongyle-type egg positivity after multivariable adjustment. Their apparent associations in the univariate analysis may therefore reflect confounding or interrelationships among animal- and farm-level management variables. Although pasture rotation and strategic deworming are recognized components of integrated parasite-control programs [26], the present study did not demonstrate independent statistical associations between these practices and positivity. The relatively small number of farms, correlations among management practices, and the observational design may have limited the precision of these estimates. Overall, the findings support interpreting management variables collectively rather than as isolated determinants of strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity.

4.4. Implications for Parasite Control

Overall, the findings suggest that younger age was consistently associated with strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity, whereas high stocking density showed a less stable association across analytical approaches. Although integrated parasite control strategies, including appropriate anthelmintic use, pasture management, and stocking density control, are widely recommended to reduce parasite transmission, the present findings should be interpreted as statistical associations rather than evidence of causal relationships because of the cross-sectional design of the study.

5. Study Limitations

First, parasite diagnosis was based exclusively on the identification and quantification of strongyle-type eggs using coproparasitological techniques. Because neither larval culture nor molecular identification was performed, the parasite genera and species involved could not be determined. Consequently, the findings should be interpreted as representing positivity and fecal egg counts for strongyle-type gastrointestinal nematode eggs rather than infection by any specific genus or species. Future studies should incorporate larval

culture and/or molecular methods, such as PCR-based identification, to improve taxonomic resolution and allow genus- or species-specific epidemiological interpretation.

Second, the cross-sectional design allowed the estimation of positivity and the evaluation of statistical associations between the investigated variables and strongyle-type egg positivity; however, it does not permit the establishment of temporal or causal relationships between potential exposure factors and infection. Furthermore, sampling was conducted during a single study period; therefore, seasonal variation in climatic conditions, pasture contamination, and parasite transmission dynamics could not be evaluated. Longitudinal studies incorporating repeated sampling across different seasons would provide a more comprehensive assessment of temporal infection patterns.

Third, the participating farms were selected by convenience according to accessibility and owners' willingness to participate rather than through probabilistic sampling. Therefore, selection bias cannot be excluded, and the participating farms may not fully represent the diversity of sheep production systems in Guanujo parish. Consequently, the findings should primarily be considered applicable to the sampled animals and participating farms, and extrapolation to the entire sheep population of Guanujo parish or other production systems should be made with caution. Future studies should employ probabilistic or multistage sampling designs to improve farm representativeness and external validity.

Fourth, although the number of sampled animals was sufficient for the planned positivity estimation, the sample size was calculated using an absolute margin of error of 10%. This resulted in limited precision, as reflected by the relatively wide 95% confidence interval around the observed positivity estimate (54.3%; 95% CI: 42.6–65.5%). In addition, only 14 farms were included, which limited the precision and statistical power available for evaluating farm-level management variables. Future prevalence surveys should consider a smaller absolute margin of error, such as 5%, together with a larger number of animals and participating farms.

Finally, the hierarchical structure of the data should be considered when interpreting the associations observed in this study because individual sheep were clustered within 14 farms. Cluster-robust standard errors grouped by farm were used in the primary multivariable analysis to account for within-farm correlation. In addition, a mixed-effects logistic regression model with farm as a random intercept was fitted as a sensitivity analysis. The estimated between-farm random-effect variance approached zero, indicating limited detectable residual heterogeneity among farms after adjustment for the variables included in the model. Nevertheless, the relatively small number of farms limits the precision of farm-level and multilevel estimates. Additionally, although stocking density was quantitatively calculated as sheep per hectare, the threshold used to distinguish low–medium (<20 sheep/ha) from high (≥ 20 sheep/ha) stocking density was an operational cut-off based on the observed distribution of the participating farms rather than a previously validated epidemiological threshold. Therefore, the association observed for stocking density should be interpreted cautiously, particularly because this association was less stable in the mixed-effects sensitivity analysis. The applicability of the stocking-density threshold to other sheep production systems also requires further evaluation. Future studies including a larger number of farms and prespecified stocking-density thresholds are needed to provide more robust estimates of farm-level associations.

6. Conclusions

Strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity was detected in 54.3% of the sampled sheep. Animals younger than 12 months showed consistently higher odds of positivity across both analytical approaches. High stocking density was associated with positivity in the primary multivariable analysis, although this association was not

statistically significant in the mixed-effects sensitivity analysis and should therefore be interpreted cautiously. These findings provide baseline epidemiological information for the participating sheep farms and support the consideration of animal age and farm-level management characteristics in parasite-control strategies.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at <https://www.mdpi.com/article/10.3390/vetsci13090934/s1>, Table S1: Distribution of sampled sheep among the production units included in the study in Guanujo parish, Ecuador; Table S2: Characteristics of the sheep and production units; Table S3: Flock size, effective grazing area, and calculated stocking density of the participating sheep farms; Table S4: Diagnosis of the multivariable logistic regression model; Table S5: Individual-level epidemiological characteristics, strongyle-type gastrointestinal nematode egg positivity, and fecal egg counts (EPG) of the 70 sheep included in the study.

Author Contributions: M.F.M.-G.: Conceptualization, Methodology, Investigation, Data curation, Formal analysis, Validation, Visualization, Writing—original draft.; F.B.-M.: Conceptualization, Methodology, Supervision, Formal analysis, Project administration, Resources, Funding acquisition, Writing—review and editing, Validation, Correspondence. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding. Laboratory facilities and institutional support were provided by the Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar.

Institutional Review Board Statement: The study protocol was reviewed and approved by the Research Ethics Committee of the Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador (approval code UEB-CEI-DIV-AU-2026-039). All procedures involving animals were conducted in accordance with institutional animal-welfare and biosafety guidelines.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from the owners or persons responsible for all 14 participating sheep farms before sample collection and questionnaire administration.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available upon request to the corresponding author. The authors make available the information supporting the presented results and may provide it to researchers or interested parties upon reasonable request to the corresponding author, respecting applicable ethical and confidentiality principles.

Acknowledgments: The authors express their sincere gratitude to the Departamento de Posgrado y Educación Continua of the Universidad Estatal de Bolívar, as well as to the Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Centro de Investigación en Microbiología Paliçada, Biotecnología y Fitoquímica (CIMABiF), y Grupo de Investigación Estudios de la Biomasa for the institutional support provided and for facilitating the spaces, resources, and conditions necessary throughout this time for the development and completion of this research work.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Roeber, F.; Jex, A.R.; Gasser, R.B. Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance—An Australian perspective. *Parasit. Vectors* **2013**, *6*, 153. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
2. Macedo, I.F.; de Oliveira, L.B.; Ribeiro, W.C.; Dos Santos, J.M.; Silva, K.C.; Filho, J.A.; Bevilacqua, C.M. Anthelmintic activity of *Cymbopogon citratus* against *Haemonchus contortus*. *Braz. J. Vet. Parasitol.* **2015**, *24*, 268–275. [CrossRef]
3. Elseadawy, R.; Abbas, I.; Al-Araby, M.; Abu-Elwafa, S. Molecular identification of different *Trichostrongylus* species infecting sheep and goats from Dakahlia governorate, Egypt. *J. Parasit. Dis.* **2021**, *45*, 218–227. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
4. Abbas, I.; Hildreth, M. Egg autofluorescence and options for detecting peanut agglutinin binding for the identification of *Haemonchus contortus* eggs in fecal samples. *Vet. Parasitol.* **2019**, *267*, 69–74. [CrossRef]

5. do Nascimento, J.M.; Brito, S.V.; Teixeira, A.A.; Guimarães, R.; Rodrigues, A.A.; do Nascimento, J.; Sousa, F.; Leme da Cunha, I.A. Potential distribution modelling for *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae) in South America. *Parasitol. Res.* **2024**, *123*, 227. [CrossRef]
6. Sallé, G.; Doyle, S.R.; Cortet, J.; Cabaret, J.; Berriman, M.; Holroyd, N.; Cotton, J.A. The global diversity of *Haemonchus contortus* is shaped by human intervention and climate. *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 4811. [CrossRef]
7. Oliveira, A.M.; Souto, E.P.F.; Aguiar, A.A.R.M.; Formiga, V.H.A.S.; Feitosa, T.F.; Dantas, A.F.M.; Vilela, V.L.R. Epidemiological Insights into Haemonchosis from Necropsy Records of Small Ruminants in Northeast Brazil. *Parasitologia* **2025**, *5*, 55. [CrossRef]
8. Parvin, S.; Dey, A.R.; Shohana, N.N.; Anisuzzaman Talukder, M.H.; Alam, M.Z. *Haemonchus contortus*, an obligatory haematophagus worm infection in small ruminants: Population genetics and genetic diversity. *Saudi J. Biol. Sci.* **2024**, *31*, 104030. [CrossRef]
9. Western College of Veterinary Medicine. *Trichostrongyles and Other GI Nematodes*; University of Saskatchewan: Saskatoon, SK, Canada, 2021; Volume 3. Available online: <https://wcv.m.usask.ca/learnaboutparasites/parasites/trichostrongyles-and-other-gi-nematodes.php> (accessed on 25 June 2026).
10. Escribano, C.S. Immunological Evaluation of Sheep Resistant and Susceptible to Infestation by the Nematode *Haemonchus contortus*. Master's Thesis, Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay, 2022. Available online: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/22718> (accessed on 25 June 2026).
11. Khan, A.; Jamil, M.; Ullah, S.; Ramzan, F.; Khan, H.; Ullah, N.; Ali, M.; Rehman, A.U.; Jabeen, N.; Amber, R. The Prevalence of Gastrointestinal Nematodes in Livestock and their Health Hazards: A Review. *World Vet. J.* **2023**, *13*, 57–64. [CrossRef]
12. Solís-Carrasco, J.; Gaxiola-Camacho, S.; Enríquez-Verdugo, I.; Portillo-Loera, J.; López-Valencia, G.; Castro-del-Campo, N. Factores ambientales asociados a la prevalencia de *Haemonchus* spp. en corderos de la zona centro de Sinaloa. *Abanico Vet.* **2021**, *11*, 1–14. [CrossRef]
13. Mohamed, M.O.; Yasin, A.M.; Jama, N.A. Assessment of the prevalence and risk factors of *Haemonchus contortus* infection of sheep and goats in Afgooye district, Somalia. *Res. Sq.* **2024**, 1–19. [CrossRef]
14. Mavundela, S.; Dzemo, W.D. Anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of small ruminants in Southern Africa: A review and comparative analysis. *Vet. Res. Commun.* **2026**, *50*, 413. [CrossRef]
15. Qamar, W.; Alkheraije, K.A. Anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus* of sheep and goats from Asia—A review of in vitro and in vivo studies. *Pak. Vet. J.* **2023**, *43*, 376–387. [CrossRef]
16. Ehnert, P.; Krücken, J.; Fiedler, S.; Horn, F.; Helm, C.S.; Neubert, A.; Weiher, W.; Terhalle, W.; Steuber, S.; Daher, R.; et al. Anthelmintic resistance against benzimidazoles and macrocyclic lactones in strongyle populations on cattle farms in northern Germany. *Sci. Rep.* **2025**, *15*, 17973. [CrossRef]
17. Sajovitz-Grohmann, F.; Adduci, I.; Werling, D.; Wiedermann, S.; Wortha, L.N.; Prole, B.; Lichtmannsperger, K. Safety and efficacy of a novel glycoengineered recombinant vaccine candidate against *Haemonchus contortus* in sheep. *npj Vaccines* **2025**, *10*, 190. [CrossRef]
18. Holguín-Céspedes, G.K.; Díaz-Rivera, E. Anthelmintic resistance in sheep farms in the warm valley of the Upper Magdalena—Tolima. *Rev. Investig. Vet. Perú* **2023**, *34*, e24591. [CrossRef]
19. Pilataxi Simbaña, J.D. Preparation and Application of Parasitic Antigen (*Haemonchus*) in Sheep. Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, 2021; 72p. Available online: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7938> (accessed on 25 June 2026).
20. Vilela, V.L.R.; Bezerra, H.M.F.; Bezerra, R.A.; Dantas, M.O.; Alcântara Émerson, T.; Oliveira, L.V.S.; Nóbrega, K.S.; Calazans, F.B.; Feitosa, T.; Braga, F.R.; et al. Sustainable agriculture: The use of FAMACHA method in Santa Ines sheep in the Semi-arid region of Brazil. *Semin. Ciências Agrárias* **2021**, *42*, 1647–1662. [CrossRef]
21. Rojas-Hernández, S.; Gutiérrez-Segura, I.; Olivares-Pérez, J.; Valencia-Almazán, M.T. Prevalencia de nemátodos gastrointestinales en ovinos en pastoreo en la parte alta del municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero-México. *Rev. Electrón. Vet.* **2007**, *8*, 1–7.
22. Tachack, E.B.; Oviedo-Socarrás, T.; Pastrana, M.O.; Pérez-Cogollo, L.C.; Benavides, Y.H.; Pinto, C.R.; Garay, O.V. Status of gastrointestinal nematode infections and associated epidemiological factors in sheep from Córdoba, Colombia. *Trop. Anim. Health Prod.* **2022**, *54*, 171. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
23. Martins, N.S.; Dos Santos, C.C.; da Motta, S.P.; Moreira, A.D.S.; Farias, N.A.D.R.; Ruas, J.L. Gastrointestinal Parasites in Sheep from the Brazilian Pampa Biome: Prevalence and Associated Factors. *Braz. J. Vet. Med.* **2022**, *44*, e001522. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
24. Mohamed, S.A.-A.; Dyab, A.K.; Raya-Álvarez, E.; Abdel-Aziz, F.M.; Osman, F.; Gareh, A.; Farag, A.M.M.; Salman, D.; El-Khadragy, M.F.; Bravo-Barriga, D.; et al. Molecular identification of *Haemonchus contortus* in sheep from Upper Egypt. *Front. Vet. Sci.* **2024**, *10*, 1327424. [CrossRef]

25. Boukhari, M.I.; Elfadil, A.A.M.; Omer, F.A.; Shuaib, Y.A. Prevalence and risk factors of *Haemonchus contortus* in sheep in Khartoum State, Sudan. *IOSR J. Agric. Vet. Sci.* **2016**, *9*, 77–83.
26. Ahmad, N.; Khan, S.A.; Majid, H.A.; Ali, R.; Ullah, R.; Bari, A.; Akbar, N.U.; Majid, A. Epidemiology and phylogeny of *Haemonchus contortus* through internal transcribed spacer 2 gene in small ruminants. *Front. Vet. Sci.* **2024**, *11*, 1380203. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



veterinary sciences

an Open Access Journal by MDPI

IMPACT
FACTOR
2.7

Indexed in:
PubMed

CITESCORE
3.9

CERTIFICATE OF ACCEPTANCE



The certificate of acceptance for the manuscript (**vetsci-4477541**) titled:

Determination of the prevalence and risk factors associated with *Haemonchus* spp. identified in sheep from Guanujo parish, Ecuador.

Authored by:

María Felicidad Morejón-García; Favian Bayas Morejón

was accepted in *Vet. Sci.* (ISSN 2306-7381) on 31 August 2026



Basel, August 2026

Stefan Tochev
Chief Executive Officer

vetsci-13-00934-3 Español
ID : 3b665769c72034fb96864380084f024a6264912e



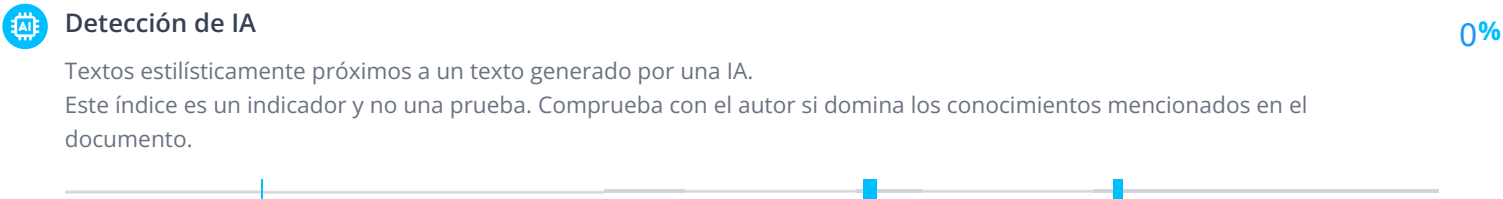
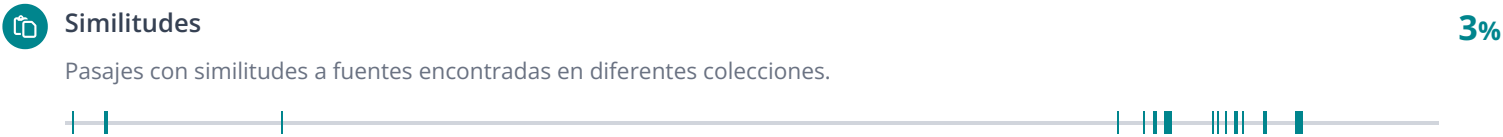
Nombre del fichero : vetsci-13-00934-3 Español.txt Tamaño del archivo original : 986,22 kB Número de palabras : 9663	Depositante : ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON Fecha de depósito : 17 de septiembre de 2026 Tipo de carga : interface fecha de fin de análisis : 18 de septiembre de 2026
--	---

 Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



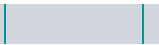
Similitudes

3%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	 The Past, Present, and Future in the Diagnosis of a Neglected... www.mdpi.com/2076-0817/13/2/126 	<1%	

Fuente mencionada (sin similitudes detectadas)

N°	Descripciones
1	 https://www.mdpi.com/article/10.3390/vetsci13090934/s1
2	 https://wcv.m.usask.ca/learnaboutparasites/parasites/trichostrongyles-and-other-gi-nematodes.php
3	 https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/22718
4	 http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7938
5	 https://doi.org/10.3390/vetsci13090934

