



## Desparasitación selectiva dirigida de ovinos Dorper en una granja del centro de Tamaulipas, México

### Targeted selective deworming of Dorper sheep in a farm from the central zone of Tamaulipas, Mexico

Jesús Humberto Reyna-Fuentes<sup>1</sup>, Cecilia Carmela Zapata-Campos<sup>1\*</sup>, Juan Felipe de Jesús Torres-Acosta<sup>3</sup>, Jaime Salinas-Chavira<sup>1</sup>, Luis Eliezer Cruz-Bacab<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La desparasitación selectiva dirigida (DSD) permite reducir la frecuencia de animales tratados con antihelmínticos (AH) en rebaños de ovinos. Se desconoce si la DSD pudiera funcionar en ovejas de raza Dorper, que es una raza muy susceptible a nemátodos gastrointestinales (NGI). Este estudio evaluó la estrategia de DSD en una granja de ovinos Dorper en la zona centro de Tamaulipas, México. Primero, se determinó cuál AH podía ser usado en la DSD. Se realizó el diagnóstico de resistencia con las tres clases de AH de amplio espectro (levamisol, fenbendazol, ivermectina) y la combinación de levamisol y fenbendazol, mediante la prueba de reducción de huevos en heces. Posteriormente, se estableció el esquema DSD mensual durante 6 meses, en una población de entre 74 y 98 ovejas adultas. A cada oveja se le determinó una vez al mes la FAMACHA<sup>®</sup>, condición corporal (CC) y se obtuvo una muestra de heces de los animales flacos (CC  $\leq$  2) o con mucosa pálida (FAMACHA<sup>®</sup>  $>$  3). Las heces fueron procesadas mediante la técnica de McMaster y los animales con  $\geq$  750 huevos de NGI en heces fueron desparasitados. La granja tuvo una población de NGI multi-resistentes contra las tres

#### ABSTRACT

Recent studies showed that targeted selective treatment (TST) allows reducing the frequency of animals treated with anthelmintics (AH) in sheep flocks. It is currently unknown if the TST can be used with Dorper ewes, a breed that is known to be susceptible to gastrointestinal nematodes (GIN). This study evaluated a TST scheme in sheep farm in the central zone of Tamaulipas. The first thing was to determine which AH could be used for the TST. Thus, an AH resistance diagnosis was implemented for the three classes of broad-spectrum AH (levamisole, fenbendazole and ivermectin) and the combination of levamisole and fenbendazole using respective faecal egg-count reduction tests. Subsequently, a monthly TST scheme was established during 6 months, in a population of 74 to 98 adult ewes. Each ewe was checked every month for its FAMACHA<sup>®</sup> and body condition score (BCS) and a faecal sample was obtained from all animals with poor BCS ( $<$ 2) or pale mucosae (FAMACHA<sup>®</sup>  $>$ 3). Faecal samples were processed by means of the McMaster technique and those animals with GIN faecal egg counts  $\geq$  750 eggs per gramme of faeces (EPG) were dewormed. The farm had a multi-re-

**Autor para correspondencia:** cezapata@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

**Fecha de aceptación:** 1 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México

clases de AH, pero la combinación levamisol-fenbendazol mostró 100% de eficacia, por lo que se usó en el estudio. El uso de la DSD redujo el uso de AH, pasando de 100% de las ovejas tratadas en el semestre, a solo entre 33.63% y 1.35% de los animales en cada mes. El uso del umbral  $\geq 750$  huevo por gramo de heces (HPG) permitió mantener casi 75% de los animales flacos o de mucosa pálida sin ser desparasitados. En conclusión, la DSD puede disminuir el uso de AH en un rebaño de ovejas Dorper de la zona centro de Tamaulipas, México.

Palabras claves: resistencia antihelmíntica, nemátodos, desparasitación selectiva dirigida.

sistant GIN population, with resistance to the three classes of AH, but the levamisole-fenbendazole combination showed to be 100% effective against GIN, thus the combination was used in the study. The implementation of the TST reduced the use of AH, going from 100% of ewes treated every six months, to only between 33.63% and 1.35% animals in each month. The use of  $\geq 750$  EPG as a threshold for AH treatment allowed to maintain almost 75% of thin or pale animals without an AH treatment. In conclusion, the TST scheme allowed to reduce the use of AH in a flock of Droper ewes under the conditions of Tamaulipas, México.

Keywords: anthelmintic resistance, nematode, targeted selective deworming.

## INTRODUCCIÓN

La ovinocultura se lleva a cabo principalmente en sistemas de pastoreo, por lo general con altas cargas de animales, llegando en algunos casos al sobrepastoreo y la desnutrición (Torres-Acosta & Hoste, 2008; Torres-Acosta et al., 2012a). Este sobrepastoreo y el mal estado nutricional favorece los problemas parasitarios en los rebaños ovinos, haciéndolos más frecuentes y con mayor impacto económico para la producción ovina. Se estima que el impacto económico de la parasitosis por nemátodos gastrointestinales (NGI) en la producción bovina en México es de US\$ 445.10 millones de dólares anuales, considerando una pérdida anual por animal estimada de US\$ 43.57 (Rodríguez-Vivas et al., 2017). Las pérdidas económicas por NGI en caprinos en crecimiento en México se han estimado en US\$ 2.6 a 3.92 por animal (Gárate-Gallardo et al., 2015; Torres-Acosta et al., 2004). En ovinos en crecimiento las pérdidas se estiman en US\$ 6.79 por animal (Retama-Flores et al., 2012). En presencia de infecciones naturales de NGI la reducción en la ganancia de peso en pequeños rumiantes varían entre 10% y 60%. Así también, se ha observado que la aplicación de algún antihelmíntico (AH) en hembras en lactación aumentan su producción lactea entre un 4 y 40%, siempre y cuando el AH sea eficaz (Charlier et al., 2014).

Los principales parásitos de las ovejas adultas son los platelmintos (*Fasciola hepática*, *Moniezia expansa*) y los nematelmintos (nemátodos gastrointestinales, NGI). De estos últimos, se han encontrado con mayor presencia *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta*, *Cooperia curticei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *T. vitrinus*, *T. axei*, *Nematodirus filicolis*, *N. spatiger*, *Strongyloides papillosus*, *Bunostomum trigonocephalum*, *Trichuris ovis*, *Oesophagostomum columbianum* y *O. globulosa* (Herrera et al., 2013; López et al., 2013). Las afecciones por NGI son consideradas como causa importante de pérdida en la productividad ovina, reducción de los niveles de producción y productividad, alteraciones reproductivas y altos costos de control, además de la mortalidad que pueden ocasionar (Charlier et al., 2014; Eisa et al., 2017; Grisi et al., 2014; Kenyon et al., 2017; Rodríguez-Vivas et al., 2017; Vercruyse et al., 2018).

Durante las últimas cuatro décadas, se desarrollaron antihelmínticos (AH) comerciales con ele-

vadas eficacias, amplio espectro y algunos con poder residual. Estos productos han permitido al productor de ovinos disponer de herramientas de control de NGI prácticas y a un costo aceptable (Molento et al., 2011). Sin embargo, el uso irracional de las drogas antihelmínticas ha provocado el desarrollo de cepas de NGI resistentes a los AH (FAO, 2003; Torres-Acosta et al., 2012a).

Para contrarrestar la problemática de la resistencia a los AH, se han desarrollado estrategias orientadas a la desparasitación selectiva dirigida (DSD). La DSD es una estrategia donde se selecciona a los animales que requieren ser desparasitados, dejando a una parte del rebaño sin desparasitar para reducir la presión de selección de NGI resistentes a los AH. Existen varias metodologías que se han propuesto para realizar la DSD, pero en años recientes se propuso el uso de la FAMACHA<sup>®</sup>, la condición corporal (CC) y la cuenta de huevos de NGI en heces como una estrategia que permite reducir el número de animales desparasitados (Charlier et al., 2014; Rosalinski-Moraes et al., 2012; Torres-Acosta et al., 2009). Este método fue desarrollado primeramente en caprinos (Torres-Acosta et al., 2014) y posteriormente se ha validado en ovinos de pelo (Medina-Pérez et al., 2015).

La metodología de DSD utiliza la FAMACHA<sup>®</sup> como una estrategia para identificar animales con mucosa palpebral pálida, que pudieran sugerir anemia. Ante la escasa sensibilidad y especificidad del sistema FAMACHA<sup>®</sup>, se propuso complementar ese sistema con la medición de la CC, pero este método también pudiera ser poco específico. Por lo anterior, se propuso usar los dos primeros criterios para obtener una muestra de heces de esos animales flacos o de mucosa pálida y contar los huevos de NGI en heces.

Los estudios realizados por Torres-Acosta et al. (2014) en rebaños caprinos y posteriormente por Medina-Pérez et al. (2015) en rebaños ovinos de zonas tropicales húmedas de Tabasco demostraron que es posible mantener un alto porcentaje de animales sin tratamiento contra NGI por varios meses o incluso años. Sin embargo, el estudio en ovinos fue realizado con granjas donde se producían animales Pelibuey, Katahdin, Panza negra o sus cruza. Hasta el momento, este sistema de DSD no ha sido probado en ovinos de la raza Dorper, que se reconoce como una raza ovina de pelo muy susceptible a las infecciones por NGI. Además, se desconoce si se pueden usar los criterios de DSD que se han aplicado con otra razas de ovinos y en otros estados de México. El objetivo del presente trabajo fue evaluar un sistema de desparasitación selectiva dirigida en una granja de ovinos Dorper en Tamaulipas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

El estudio se realizó en Ciudad Victoria, Tamaulipas, en el rancho ovino Santa Cecilia (latitud 23°42'22.59" N y longitud 99°6'24.22" O), cuyo propietario dio consentimiento para llevar a cabo la investigación en sus instalaciones productivas.

El rancho Santa Cecilia se caracteriza por la producción de ovinos de raza Dorper, cuenta con una población de 300 hembras. Se encuentra localizado en la zona centro de Tamaulipas, cuya temperatura promedio es de 24.0 °C mínima y máxima es de 39.5 °C respectivamente, y una precipitación pluvial de 400 mm a 1100 mm. Presenta un clima semi-cálido y subhúmedo, llegando a ser semiseco o muy cálido y con humedad media (INEGI, 2017). El esquema de desparasitación del rancho consistía en desparasitación de todos los animales en pastoreo cada seis meses. La duración del trabajo de campo fue de 7 meses (octubre a abril). Durante el estudio, el rango de humedad fue

entre 68% y 76%, así como una temperatura de 10 °C como mínima (diciembre) y máxima en el mes de abril de 32 °C y precipitación pluvial en un rango de 18 mm a 26 mm (SMN, 2017).

Los animales fueron manejados de manera extensiva, por lo que permanecieron en pastoreo durante 12 h en potreros de pasto estrella (*Cinodon nlemfluensis*) sin suplementación y con agua ad libitum, mediante bebederos portátiles. Durante la noche, fueron resguardados en instalaciones construidas de madera, con techos de lámina galvanizada, con especificaciones de espacio vital para esta especie.

## Fase I. Diagnóstico de resistencia antihelmíntica

Antes de implementar cualquier sistema de desparasitación, sea selectivo o no, se requiere identificar la droga que sea todavía eficaz para el control de NGI. Por lo tanto, el primer paso para establecer el programa de DSD fue realizar el diagnóstico de resistencia antihelmíntica (RA) de acuerdo a lo sugerido por Coles et al. (1992). Esto sirvió para determinar la presencia de cepas de NGI resistentes o susceptibles a los AH y de esta manera decidir que fármaco emplear en la DSD.

### Selección de animales para la prueba de resistencia antihelmíntica

#### *Diseño experimental para el diagnóstico de la RA*

El diagnóstico de RA se realizó en el mes de octubre, antes de iniciar el esquema de DSD. El procedimiento usado para detectar NGI resistentes a los AH, fue la Prueba de Reducción en el Conteo de Huevos Fecales (FECRT, por sus siglas en inglés: Fecal Egg Count Reduction Test), recomendado por la World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) (Coles et al., 1992). Para el diagnóstico de la RA se incluyeron en el estudio a 60 animales (> 6 meses de edad), seleccionadas de la población de 300 hembras del rebaño de estudio, las cuales se encontraban identificadas mediante el arete del SINNIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado). Los criterios de inclusión para la prueba de resistencia fueron: (a) ovejas que se encontraban en pastoreo y (b) que no hayan recibido desparasitación 3 meses antes de la prueba (Coles et al., 1992). Cabe mencionar que para poder seleccionar a la granja Santa Cecilia se aseguró con el Ingeniero Agrónomo encargado y con el propietario que cumpliera estrictamente el segundo criterio de inclusión.

Previo al inicio del experimento se recolectaron muestras de heces directamente del recto (4 g) en bolsas de polietileno e identificados en forma individual. Se realizó un primer examen coproparasitológico mediante la prueba de McMaster, de acuerdo con la técnica mencionada por Rodríguez-Vivas et al. (2011). Este muestreo sirvió para determinar que los animales se encontraban parasitados y solo así, se incluirían en la prueba de RA a los animales que presentaran al menos 150 huevos por gramo (HPG) de heces (Coles et al., 1992). Los 60 animales analizados mediante coproparasitoscopia presentaron esta condición, por lo tanto, se procedió a formar 4 grupos de 15 animales cada uno con diferente tratamiento. El grupo 1 (levamisol), grupo 2 (fenbendazol), grupo 3 (ivermectina) y grupo 4 (testigo sin tratamiento). La asignación de animales a los diferentes grupos se realizó por conveniencia para que el promedio de HPG pre-tratamiento de los diferentes grupos fuera semejante.

El día cero se colectaron las heces de cada uno de los animales directamente del recto y las muestras fueron procesadas a través de la técnica de McMaster modificada (Rodríguez-Vivas et al., 2011), posteriormente, los animales de los grupos tratados se pesaron para determinar la dosis del producto y se les aplicó el tratamiento AH con levamisol a razón de 7.5 mg/kg de PV, vía subcutánea.

nea (SC) (Ripercol®), ivermectina a razón de 0.2 µg/kg de PV (SC) (Ivomec®), y fenbendazol 7 mg/kg de PV, vía oral (Panacur®). Los pesajes y tratamientos se realizaron por la mañana antes de consumir alimento y después de haber mantenido a los animales dietados por 8 h al menos. Pasados 14 d post-tratamiento se tomaron muestras de heces nuevamente a todos los animales, para determinar mediante McMaster la cuenta de HPG de NGI. Esto sirvió para determinar el porcentaje de reducción de huevos fecales ocurrido en cada grupo.

Debido a que las poblaciones de NGI del rancho de estudio tuvieron multiresistencia contra los tres antihelmínticos estudiados, se procedió a realizar una nueva Prueba de Reducción en el Conteo de Huevos Fecales, pero esta vez usando la combinación levamisol y fenbendazol (7.5 mg/kg vía SC y 5 mg/kg V0), como lo indican Leathwick y Besier (2014), ya que presentan espectro similar, pero mecanismo de actividad distinto. Para ello, se realizó una nueva selección de 30 animales asegurándose mediante su número de identificación que no hayan estado en la anterior prueba de RA, y que presentaran las mismas características del primer experimento de RA, las cuales son las que sugiere Coles et al. (1992). Se realizó nuevamente la metodología de diagnóstico de RA, descrita anteriormente. Se formaron dos grupos (grupo levamisol/fenbendazol y grupo control sin tratamiento) de 15 animales cada uno.

## **Fase II. Implementación del esquema de desparasitación selectiva dirigida**

Durante los 30 días previos a iniciar la estrategia de DSD, la desparasitación del grupo de animales de estudio fue suspendida. La implementación del esquema DSD comenzó en el mes de noviembre. Se seleccionó una población entre 74 y 98 hembras de las 300 hembras del rebaño (> 1 año de edad, de distintas etapas fisiológicas (e.g. hembras lactantes, hembras gestantes, hembras vacías), asegurándose mediante su identificación que no hayan participado en las dos pruebas de RA. El número cambiante de animales fue debido a causas ajenas a los autores. En estas ovejas se comenzó a usar un esquema de DSD. Esta consistió en examinar una vez al mes a cada oveja por un periodo de 6 meses. La DSD, se realizó de acuerdo a los criterios descritos por Torres-Acosta et al. (2014), los cuales se encuentran resumidos en la Tabla 1 y se describen a continuación.

### ***Palidez de mucosa determinado por FAMACHA©***

Se determinó la coloración de la mucosa palpebral en ambos ojos de todas las ovejas utilizando la tarjeta FAMACHA©. A los animales se les asignó una calificación del 1 al 5, donde 1, 2 y 3 se consideraron como animales con color de mucosa normal, y las calificaciones 4 y 5 se consideraron como animal con mucosa pálida, consistente con algún grado de anemia (Torres-Acosta et al., 2014).

### ***Condición corporal (CC)***

Se determinó la CC de las ovejas mediante la palpación del área lumbar, asignando una calificación de 1 al 5 (Rusell, 1991). Los animales con CC 1 y 2 se consideraron como animales flacos, y los animales con CC > 2 fueron clasificados como animales normales.

### ***Examen coproparasitológico***

Se tomó una muestra de heces directamente del recto a todos los animales que tuvieron como resultado una FAMACHA© de 4-5 y una CC de 1-2 (Tabla 1). Las muestras de heces fueron conservadas en refrigeración hasta su procesamiento en el área de análisis clínicos del Laboratorio de Diagnóstico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cada muestra se mantuvo en bolsas plásticas debidamente rotuladas con el número de animal

y el nombre del rancho, para su procesamiento. Una vez en el laboratorio, se realizó el conteo de HPG mediante la técnica de McMaster (Rodríguez-Vivas et al., 2011). Los animales analizados que resultaron con un conteo  $\geq 750$  HPG de NGI del orden Strongylida fueron elegidos para ser desparasitados con una combinación de levamisol y fenbendazol (7.5 mg/kg vía SC y 5 mg/kg VO). Los animales con carga parasitaria  $< 750$  HPG no se desparasitaron. Este umbral de desparasitación fue establecido de acuerdo a los resultados de estudio previos del sistema de DSD en ovinos de pelo en Tabasco (Medina-Pérez et al., 2015) y Yucatán (Soto-Barrientos et al., 2018). Los animales fueron marcados en el informe mensual del productor, para resaltar la necesidad de mejorar su manejo, y así evitar un mayor deterioro físico y los efectos negativos sobre la producción.

■ Tabla 1. Criterios utilizados en el esquema de desparasitación selectiva dirigida (DSD) utilizada en la granja de ovejas adultas Dorper en el estado de Tamaulipas, México.

FAMACHA©	Condición corporal	Copro	McMaster	Desparasitación
1 a 3	$\geq 2$	No		No
1 a 3	$\leq 2$	Si	Menor a 750 HPG	No
1 a 3	$\leq 2$	Si	Mayor a 750 HPG	Si
4 a 5	Cualquiera	Si	Menor a 750 HPG	No
4 a 5	Cualquiera	Si	Mayor a 750 HPG	Si

Fuente: Torres-Acosta et al. (2014)

## Análisis de datos

### *Resistencia antihelmíntica (RA)*

Se calculó la media aritmética de las cargas de HPG en los grupos tratados y control. Estas medias fueron usadas para calcular el porcentaje de reducción del conteo de los huevos fecales mediante la fórmula:

$$[1 - (\text{HPG}_t / \text{HPG}_c)] \times 100 \text{ sugerida por Coles et al. (1992).}$$

Donde: HPG<sub>t</sub>: huevos por gramo de heces de animales tratados y HPG<sub>c</sub>: huevos por gramo de heces de animales control.

Se calculó el intervalo de confianza al 95% de la reducción de HPG como sugieren Coles et al. (1992). Para esto, se utilizó el programa RESO.EXE.

La interpretación de la RA se obtuvo con base a las recomendaciones de la World Association for the Advancement of the Veterinary Parasitology (WAAVP) (Coles et al., 1992), según los siguientes criterios: (a) rebaño resistente si el porcentaje de reducción en el conteo de los huevos fecales es menor del 95% y si el límite inferior del 95% del intervalo de confianza es menor del 90%, (b) rebaño sospechoso si solamente se cumple con uno de los dos criterios anteriores, y (c) rebaño susceptible si no se cumple con ninguno de los dos criterios anteriores.

### *Evaluación del sistema de (DSD)*

Cada animal examinado aportó un dato para cada uno de los meses del estudio. Se determinaron las variables de respuesta, mediante coproparasitoscopia y el total de HPG  $\geq 750$  y que necesitaron desparasitación durante los meses de muestreo.

Además, se utilizaron tablas de contingencia 2 x 2 para determinar la asociación entre la desparasitación y los valores de FAMACHA<sup>©</sup> pálida (4-5) y CC baja (1-2), mediante el programa epidemiológico Epidat 3.1 (OPS/OMS, 2006). Asimismo, se determinó la frecuencia de animales incluidos en la metodología DSD durante los 6 meses y que se mantuvieron sin ser desparasitados, los que recibieron un tratamiento, los que recibieron >2 tratamientos.

Finalmente, se utilizaron los datos de todos los animales analizados para determinar el valor mínimo y máximo de HPG durante el estudio, además de la mediana (50% de los eventos), el cuartil 3 (75% de los eventos) y la proporción de eventos con  $\geq 750$  HPG y con  $\geq 1\ 000$  HPG. Estos valores sirvieron para determinar si el umbral de HPG utilizado para la desparasitación estaba permitiendo mantener una mayoría de los animales sin desparasitación.

## RESULTADOS

### Determinación de RA en la granja de estudio

El estudio de RA mostró que la granja de estudio presentaba cepas de NGI resistentes a las tres familias de AH con porcentajes de reducción de 58% para levamisol, 18% para fenbendazol y 24% para ivermectina (Tabla 2). Por lo anterior, se procedió a probar la eficacia de una combinación de levamisol y fenbendazol, donde se observó una reducción del 100% en la cuenta de HPG de NGI (Tabla 3). Por lo tanto, esta combinación fue sugerida para el tratamiento contra NGI en el esquema de DSD.

■ Tabla 2. Media de huevos por gramo de heces (HPG) pre y post tratamiento, porcentaje de reducción de HPG e intervalo de confianza 95% (IC 95%), después del tratamiento con levamisol, fenbendazol e ivermectina en el rancho Santa Cecilia en Tamaulipas, México.

Grupo	N	HPG Pre tratamiento	HPG Post tratamiento	% R HPG	95% IC	Resultado
Control	15	850	667			
Levamisol	15	813	283	58	0 a 84	Resistente
Fenbendazol	15	884	550	18	0 a 57	Resistente
Ivermectina	15	1436	510	24	0 a 55	Resistente

Número de animales muestreados (n); intervalo de confianza (95% IC).

Dosis de levamisol: 7.5 mg/kg de PV, vía subcutánea (SC) (Ripercol<sup>®</sup>)

Dosis de fenbendazol: 7 mg/kg de PV, vía oral (Panacur<sup>®</sup>)

Dosis de Ivermectina: 0.2 µg/kg de PV (SC) (Ivomec<sup>®</sup>)

### Desparasitación selectiva dirigida (DSD)

En el mes de noviembre se muestreó un total de 76 unidades experimentales (Tabla 4), de los cuales 24 fueron analizadas mediante coproparasitoscopia, debido a que 17 presentaron la condición de FAMACHA<sup>©</sup> 4 a 5 no importando la CC, y 7 presentaron FAMACHA<sup>©</sup> 1 a 3 y CC  $\leq 2$ , mientras que 52 no se les tomó muestras de heces por presentar FAMACHA<sup>©</sup> 1 a 3 y CC  $>2$ . Posteriormente, en diciembre aumentó la población a 98 animales, de los cuales, 45 ovinos presentaron FAMACHA<sup>©</sup> 4 a 5 con CC cualquiera, y 29 animales FAMACHA<sup>©</sup> 1 a 3 con CC  $\leq 2$ , por lo que fue un total de 74 animales a los que se les muestreó para determinar el número de HPG. El mes de diciembre fue el mes con el menor número de animales que registraron FAMACHA<sup>©</sup> 1 a 3 y CC  $> 2$ .

■ Tabla 3. Media de huevos por gramo de heces (HPG) pre y post tratamiento, porcentaje de reducción de HPG e intervalo de confianza 95% (IC95%), después del tratamiento con la combinación levamisol-fenbendazol en el rancho Santa Cecilia en Tamaulipas, México.

Grupo	N	HPG Pre tratamiento	HPG Post tratamiento	% Reducción HPG	95% IC	Resultado
Control	15	1150	2067			
Levamisol + fenbendazol	15	3863	2	100	100	Susceptible

Número de animales muestreados (n); intervalo de confianza (95% IC).

Dosis de levamisol: 7.5 mg/kg de PV, vía subcutánea (SC) (Ripercol ®)

Dosis de fenbendazol: 7.0 mg/kg de PV, vía oral (Panacur ®)

■ Tabla 4. Evaluación de las variables de respuesta mediante el uso de la técnica FAMACHA ©, coproparasitología y uso de antihelmínticos.

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total acumulado
Unidades experimentales examinadas	76	98	98	98	98	74	542
FAMACHA© 1 - 3 CC > 2	52	24	39	53	72	35	275
FAMACHA© 1 - 3 CC ≤ 2 < 750 HPG	1	20	48	19	14	7	109
FAMACHA© 1 - 3 CC ≤ 2 > 750 HPG	6	9	7	1	0	0	23
FAMACHA© 4 - 5 CC cualquiera < 750 HPG	1	21	4	23	11	31	91
FAMACHA© 4 - 5 CC cualquiera > 750 HPG	16	24	0	2	1	1	44
Coproparasitoscopia	24	74	59	45	26	39	267
Tratados con antihelmíntico	22	33	7	3	1	1	67
% de animales tratados	22.44	33.63	7.14	3.06	1.02	1.35	12.36

En el mes de enero se encontró el menor número de animales con FAMACHA© 4 a 5 (4) y con CC cualquiera, además, se observó a 55 animales con FAMACHA© 1 a 3 y con CC ≤ 2, por lo que se muestrearon 59 animales para determinar el número de HPG. Para el mes de abril se redujo la población a 74 animales, de los cuales se muestrearon 39 ovinos para detectar el número de HPG. En este mes, 35 ovinos presentaron FAMACHA© 1 a 3 y CC >2, por lo que no se necesitó muestrear heces. Sin embargo 32 animales presentaron FAMACHA© 4 a 5 con CC cualquiera y solo 7 animales registraron FAMACHA© 1 a 3 CC ≤ 2. En general, los meses de noviembre y marzo fueron los meses con menor muestreo coprológico. El mes de diciembre se muestreó al mayor número de animales (74) para HPG (Tabla 4).

Con respecto al porcentaje de ovinos que recibieron tratamiento antihelmíntico, el mes de noviembre presentó un valor de 22.44% de hembras, con respecto al total de eventos analizados para ese mes con la metodología de la DSD. Posteriormente, se aumentó a 33.63 % en el

mes de diciembre, hasta obtener un valor del 1.35% en el mes de abril (Tabla 4). Durante todo el periodo de estudio se registró un total de 542 eventos, de los cuales, 267 fueron analizados para determinar HPG, y de estos, solo 67 fueron los eventos tratados (12.36 % de animales).

La Tabla 5 muestra la asociación estadística significativa entre la variable FAMACHA© pálida (4 a 5) y la desparasitación (OR = 8.07, IC 95%: 4.64 a 14.04). Sin embargo, fue evidente que muchos animales expuestos, con FAMACHA© pálida tuvieron cuentas de HPG < 750 HPG y no fueron desparasitados (67.4%). Además, varios animales con FAMACHA© 1 a 3 si tuvieron cargas de  $\geq$  750 HPG y fueron desparasitados (17%). Por otro lado, también se encontró una asociación significativa entre la CC baja (1 a 2) y la necesidad de desparasitación (OR = 1.7, IC 95%: 1.01 a 3.02). De todas los eventos analizados mediante coproparoscopia, ya sea por FAMACHA© 1-3 y CC  $\leq$  2 y FAMACHA© 4-5 sin importar la CC (n = 267) (Tabla 4) se obtuvieron conteos de HPG y se ordenaron de menor a mayor, encontrándose que el valor más bajo fue de 0 HPG y el más alto fue de 6500 HPG. La mitad de los eventos analizados (mediana) tuvieron 200 HPG o menos. Además, el 75% de los eventos analizados (cuartil 3) tuvieron hasta 750 HPG. De hecho, de todos los eventos con muestra de heces solo el 23.97 % (n = 64) tuvieron  $\geq$  750 HPG y el 17.9% (n = 48) tuvieron  $\geq$  1000 HPG. De las 98 ovejas Dorper incluidas en el estudio, se mantuvieron sin ser desparasitadas un total de 32 ovejas (32.6%), y se desparasitaron 62 ovejas en una ocasión (63.2%), 2 ovejas en dos ocasiones (2.04%) y 2 ovejas en >2 ocasiones (2.04 %).

■ Tabla 5. Razón de probabilidades (OR) e intervalo de confianza 95% (IC95 %) para desparasitar ovejas Dorper, entre individuos con FAMACHA© 4-5 vs. FAMACHA© 1 a 3 y entre individuos con condición corporal 1 a 2 vs. condición coproral >2, en un sistema de desparasitación selectiva dirigida realizado por 6 meses.

Desparasitación		FAMACHA 4-5	FAMACHA 1-3	OR	IC 95%	Valor P
	Si	44	23	8.07	4.64 a 14.04	0.05
No	91	384				
Desparasitación		Condición corporal 1 a 2	Condición corporal >2	OR	IC (95 %)	Valor P
	Si	23	44	1.75	1.01 a 3.04	0.05
	No	109	366			

## DISCUSIÓN

### Resistencia antihelmíntica

En el presente estudio se demostró que la granja tenía poblaciones de NGI resistentes a las tres clases de AH de amplio espectro. Este problema de resistencia múltiple es un problema de carácter mundial. En España, Martínez-Valladares (2012) encontró NGI multiresistentes a tres fármacos pertenecientes a la familia de las lactonas macrocíclicas; así también en regiones tropicales como Brasil, Cezar et al. (2010) hallaron multiresistencia a nueve diferentes antihelmínticos en rebaños ovinos. En México, la frecuencia de rebaños con cepas multiresistentes a AH también ha sido reportada (Aguilar-Caballero et al., 2009; Torres-Acosta et al., 2012a), en rebaños ovinos de Chiapas (Ruiz-Zárate et al., 2013) y Tabasco (Herrera-Manzanilla et al., 2017; Medina-Pérez et al., 2015), y de caprinos en Yucatán (Torres-Acosta et al., 2012a). Es común encontrar granjas donde existen parásitos multiresistentes en zonas cálidas húmedas como Tabasco (Herrera-Manzanilla et al., 2017;

Medina-Pérez et al., 2015; Torres-Acosta et al., 2012b). Este es el primer reporte de poblaciones de NGI multiresistentes en Tamaulipas. La elevada frecuencia de NGI multiresistentes a AH pudo deberse a un inadecuado manejo de los desparasitantes y a que los productores no acostumbran evaluar la eficacia de las drogas utilizadas en el hato (Toro et al., 2014). Así también, cuando los productores sospechan de la falla de la eficacia del fármaco tienden a aumentar la frecuencia de los tratamientos (Jabbar et al., 2006). Esta práctica aumenta la presión de selección de cepas resistentes y puede dar lugar a la resistencia a múltiples fármacos (Cezar et al., 2010; Papadopoulos et al., 2012).

Una de las estrategias que se utiliza en ranchos con cepas multi-resistentes a los AH es la combinación de medicamentos AH. Este uso combinado se ha utilizado para mejorar la eficacia de los tratamientos antihelmínticos en presencia de resistencia múltiple en un rebaño (Cezar et al., 2010). Aunque en el presente estudio funcionó bien la combinación de levamisol con fenbendazol, como ha ocurrido en trabajos anteriores en México (Medina-Pérez et al., 2015), esta estrategia no debe ser sobre-utilizada, ya que se puede llegar también a resistencia de las combinaciones.

### **Desparasitación selectiva dirigida (DSD)**

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que es posible disminuir la cantidad de ovinos a tratar con AH en la zona centro del estado de Tamaulipas. En lugar de desparasitar a todos los animales en el periodo de estudio, en el primer mes solo se desparasitó al 22.44% y se redujo al 1.35% para el último mes de muestreo, por lo que, en general solo se desparasitó al 12.36%.

Esto pudiera ayudar a mantener una proporción de parásitos del rebaño en refugio, es decir, sin exponerlos a los desparasitantes (Kenyon et al., 2009). Sin embargo, la reducción en el número de desparasitaciones disminuye la probabilidad de desarrollar cepas resistentes a los AH, permitiendo mantener baja la presión de selección de resistencia en los NGI (Gaba et al., 2010).

De esta forma, se podría usar el mismo AH por varios años, reduciendo la frecuencia de NGI con alelos resistentes contra dicha droga. Aquellos animales que no recibieron tratamiento y permanecen parasitados constituyen un refugio para los NGI contra los AH, y van a depositar en los pastos huevos de NGI, cuyas larvas infectantes provienen de parásitos no expuestos a los AH.

Esto significa que estas larvas ayudan a diluir los genotipos de NGI resistentes a los AH. Esta dilución ocurriría por el consumo constante de NGI no expuestos a los AH (NGI sensibles) que se pudieran aparear con los NGI resistentes (Chan-Pérez et al., 2015; Kaplan, 2004; Van-Wyk et al., 2006; Kenyon et al., 2009).

En este estudio, no solo se utilizó al método FAMACHA© como criterio de desparasitación, sino que también se recurrió a evaluar la CC y la eliminación de HPG en heces. Con esto se evita el uso frecuente de desparasitaciones en animales con calificaciones de FAMACHA© 4-5, que tal vez no tengan infecciones con NGI, sino problemas de desnutrición u otros padecimientos relacionados con anemia (Torres-Acosta et al., 2014).

Así también, el solo uso de la CC como indicador para realizar la desparasitación trae como consecuencia, desparasitar a animales sin tener elevadas cargas de huevos de NGI, ya que la CC se encuentra influenciada por muchos otros aspectos, tales como deficiencia en la nutrición o problemas de manejo (Leask et al., 2013; Stafford et al., 2009).

El implementar los dos métodos anteriores, junto con la cuenta de huevos (HPG), mejora la selección de animales a tratar, ya que el conteo de huevos es un indicador de la cantidad de NGI presentes en el animal. Con el sistema que se implementó, el conteo de HPG se limita a los animales que se encuentran con FAMACHA© pálida o con baja CC, reduciendo la cantidad de animales a los que se les necesita tomar una muestra y determinar su carga de HPG. Al momento de realizar el McMaster, si se tiene presente un nivel de HPG como umbral, ( $\geq 750$  HPG), se puede dejar de contar los huevos en el momento de alcanzar este umbral haciendo más eficaz el proceso (Torres-Acosta et al., 2009).

Uno de los aspectos importantes del presente estudio fue demostrar que el uso de la FAMACHA pálida (4 a 5) y la CC baja (1 a 2) permiten encontrar a los animales con cargas de huevos en heces de  $\geq 750$ . Sin embargo, fue evidente que más de la mitad de las ovejas con FAMACHA© (4 a 5) no tuvieron cargas de  $\geq 750$  HPG y algo semejante pasa con los animales de baja CC (1 a 2). Estos resultados son similares a lo reportado por Torres-Acosta et al. (2014), quienes enfatizan la importancia de tomar la muestra de heces y determinar la cantidad de HPG antes de decidir desparasitar a las ovejas Dorper.

En el presente estudio se observó, que solo el 23.97% de las ovejas excretaron cargas de  $\geq 750$  HPG. Esto claramente demuestra que la población de NGI en los 267 eventos de ovejas Dorper con conteo de huevos de NGI mostraba sobredispersión, con un mínimo de 0 HPG, una mediana de 200 HPG (50% de los datos debajo de 250 HPG) y un máximo de 6500 HPG. Este tipo de distribución es común para las poblaciones de pequeños rumiantes. Por ejemplo, el trabajo de Herrera-Manzanilla et al., (2013), reportó que el 72.7% de las ovejas que fueron positivas a NGI, solamente el 15.7% excretaron por arriba de los 700 HPG; Así también, Medina-Pérez et al., (2015), hallaron que del 53.1% de la población de ovejas positivas a NGI, solamente el 15% tuvo cargas parasitarias por encima de los 750 HPG; resultados semejantes encontró Torres-Acosta et al., (2014), en Yucatán.

Esta sobredispersión puede deberse a características genéticas del animal para la resistencia a infecciones por nemátodos (Hoste et al., 2001). En general, es necesario subrayar que la DSD basado en un umbral de desparasitación de  $\geq 750$  HPG es factible, ya que no favoreció la presencia de animales afectados en su salud.

Por último, las ventajas de la DSD no solo consiste en aumentar la cantidad de parásitos con genes susceptibles a los desparasitantes, sino también permite ahorros en la cantidad de desparasitante utilizado y mano de obra para desparasitar y más aún su uso en ranchos con presencia de cepas multiresistentes (Charlier et al., 2014; Lamberti et al., 2014; Leask et al., 2013).

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este estudio se muestra la presencia de cepas multiresistentes de NGI en rebaños de ovinos en la zona centro de Tamaulipas. El esquema de DSD redujo el uso de AH, pasando de 100% de las ovejas tratadas en el semestre, a solo entre 33.63% y 1.35% de los animales en cada mes. De los 98 animales incluidos en el estudio, el 32.6% se mantuvo sin tratamiento los 6 meses del trabajo, 63.2% fueron tratados una vez y 4.04% fueron tratados  $> 2$  veces. El uso del umbral  $\geq 750$  HPG como punto de corte para desparasitar permitió mantener casi 75% de los animales flacos o de mucosa pálida sin ser desparasitados. Por lo tanto, la DSD puede disminuir el uso de AH en un rebaño de ovejas Dorper en condiciones de Tamaulipas, México.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Caballero, A. J., Torres-Acosta, J. F. J., & Cámara-Sarmiento, R. (2009). Importancia de parasitismo gastrointestinal en ovinos y situación actual de la resistencia antihelmíntica en México. En R., Gonzalez-Garduño y A. C., Berumen-Alaforte, Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. México, Universidad Autónoma de Chapingo, (pp. 1-11).
- Cezar, A. S., Toscan, G., Camillo, G., Sangioni, L. A., Ribas, H. O., & Vogel, F. S. F. (2010). Multiple resistance of gastrointestinal nematodes to nine different drugs in a sheep flock in southern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 173(1-2), 157-160. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.06.013>
- Chan-Pérez, J. I., Torres-Acosta, J. F. J., Rodríguez-Vivas, R. I., & Villegas-Pérez, S. L. (2015). Reduction of benzimidazole resistance in established *Haemonchus contortus* populations in goats using a single infection with a benzimidazole-susceptible isolate. *Journal of Helminthology*, 89(5), 641-645. <https://doi.org/10.1017/S0022149X14000674>
- Charlier, J., Morgan, E. R., Rinaldi, L., Van-Dijk, J., Demeler, J., Höglund, J., Hertzberg, H., Van Ranst, B., Hendricx, G., Vercruyse, J., & Kenyon, F. (2014). Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments. *Veterinary Record*, 175(10), 250-255. <https://doi.org/10.1136/vr.102512>
- Coles, G. C., Bouer, C., Borgsteede, F. H. M., Geerts, S., Klei, T. R., Taylor, M. A., & Waller, P. J. (1992). World Association for Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 44(1-2), 35-44. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(92\)90141-U](https://doi.org/10.1016/0304-4017(92)90141-U)
- Eisa, N. Z., Babiker, S. A., & Abdalla, H. S. (2017). Impact of Natural Gastrointestinal Parasitic Infection on Growth Performance and Economics of Production of the Sudan Desert Sheep. *Journal Veterinary Science Medical Diagnostic*, 6, 1. URL: <https://www.scitechnol.com/veterinary-science-medical-diagnosis.php>
- EPIDAT: Programa para el análisis epidemiológico de datos. Versión 3.1 (2006). Consejería de Sanidad de Galicia. Organización Panamericana de la Salud (PS/OMS). Universidad CES. Colombia.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2003). Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. Dirección de Producción y Salud Animal. Viale de Ile Terme di Caracalla. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4813S/Y4813S00.HTM>. Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2017.
- Gaba, S., Cabaret, J., Sauvé, C., Cortet, J., & Silvestre, A. (2010). Experimental and modeling approaches to evaluate different aspects of the efficacy of target selective treatment of antihelmintics against sheep parasite nematodes. *Veterinary Parasitology*, 171(3-4), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.03.040>
- Gárate-Gallardo, L., Torres-Acosta, J. F. J., Aguilar-Caballero, A. J., Sandoval-Castro, C. A., Cámara-Sarmiento, R., & Canul-Ku, H. L. (2015). Comparing different maize supplementation strategies to improve resilience and resistance against gastrointestinal nematode infections in browsing goats. *Parasite*, 22, 19. <https://doi.org/10.1051/parasite/2015019>
- Grisi, L., Cerqueira-Leite, R., de-Souza Martins, J. R., Medeiros-de-Barros, A. T., Andreotti, R., & Duarte-Cançado, P. H. (2014). Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Brazil Journal Veterinary Parasitology*, 23(2), 150-156. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014042>

- Herrera-Manzanilla, F. A., Ojeda-Robertos, N. F., González-Garduño, R., Cámara-Sarmiento, R., & Torres-Acosta, J. F. J. (2017). Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Veterinary Parasitology, (Amst)*, 9, 29-33. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.04.007>
- Herrera, L. O., Rios, L. O., & Zapata, R. S. (2013). Frecuencia de la infección por nemátodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de 5 municipios de Antioquia. *Revista MVZ Cordova*, 18(3), 385-386. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69329149015>
- Hoste, H., Frileux, Y. L. E., & Pomaret, A. (2001). Distribution and repeatability of faecal egg counts and blood parameters in dairy goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Research in Veterinary Science*, 70, 57-60. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2000.0442>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. P 521. [En línea]. Disponible en: [http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/TAMS\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TAMS_ANUARIO_PDF.pdf). Fecha de consulta: 15 de febrero de 2018.
- Jabbar, A., Iqbal, Z., Kerboeuf, D., Muhammad, G., Khan, M. N., & Afaq, M. (2006). Anthelmintic resistance: the state of play revisited. *Life Science*, 79(26), 2413-2431. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2006.08.010>
- Kaplan, R. M. (2004). Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology*, 20(10), 477-481. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.08.001>
- Kenyon, F., Greer, A. W., Coles, G. C., Cringoli, G., Papadopolus, E., Cabaret, J., Berrag, B., Varady, M., Van Wyk, J. A., Thomas, E., & Vercruyse, J. (2009). The role of target selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology*, 164(1), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.015>
- Kenyon, F., Hutchings, F., Morgan-Davies, C., Dijk, J. V., & Bartley, D. J. (2017). Worm Control in Livestock: Bringing Science to the Field. *Trends in Parasitology*, 33(9), 669-677. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.05.008>
- Lamberti, P. F., Amadori, M., Anezi-Junior, P. A., Weber, A., Skrebsky, A., Sangioni, L. A., & Flores, V. F. A. (2014). Improving liveweight gain of lambs infected by multidrug-resistant nematodes using a FECRT-based schedule of treatments. *Parasitology Research*, 113(6), 2303-2310. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3885-x>
- Leask, R., Van-Wyk, J. A., Thompson, P. N., & Bath, G. F. (2013). The effect of application of FAMACHA© system on selected production parameters in sheep. *Small Ruminant Research*, 110(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.07.026>
- Leatwick, D.M., Besier, R.B. 2014. The management of anthelmintic resistance in grazing ruminants in Australasia-Strategies and experiences. *Veterinary Parasitology*, 204, 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.12.022>
- López, R. O. A., González, G. R., Osorio, A. M. M., Aranda, I.E., & Díaz, R. P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nemátodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 4(2), 223-234. URL: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242013000200008&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242013000200008&script=sci_arttext&tlng=en)
- Martínez-Valladares, M., Famularo, M., Fernández-Pato, N., Cordero-Pérez, C., Castañón-Ordóñez, L., & Rojo-Vázquez, F. (2012). Characterization of a multidrug resistant *Teladorsagia circumcincta* isolate from Spain. *Parasitology Research*, 110(5), 2083-2087. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2753-1>
- Medina-Pérez, P., Ojeda-Robertos, N. F., Reyes-García, M. E., Cámara-Sarmiento, R., & Torres-Acosta, J. F. J. (2015). Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control

- gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 127, 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.02.021>
- Molento, B. M., Fortes, F. S., Pondelek, D. A. S., Borges, F. A., Chagas, A. C. S., & Torres-Acosta, J. F. J. (2011). Challenges of nematode control in ruminants: Focus on Latin America. *Veterinary Parasitology*, 180(1-2), 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.033>
- Papadopoulos, E., Gallidis, E., & Ptochos, S. (2012). *Anthelmintic resistance in sheep in Europe: A selected review*. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 85-88. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.036>
- Retama-Flores, C. Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R., & Canul-Ku, H. L. (2012). *Maize supplementation of Pelibuye sheep in a silvopastoral system: fodder selection, nutrient intake and resilience against gastrointestinal nematodes*. *Animal*, 6, 1, 145-153. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001339>.
- Rodríguez-Vivas, R. I., Domínguez-Alpizar, J. L. & Cob-Galera, L. A. (2011). Técnicas diagnósticas de parasitología veterinaria. Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida. 48 Pp.
- Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez-de-León, A. A., Silva-Villela, H., Torres-Acosta, J. F. J., Frago-Sánchez, H., Romero-Salas, D., Rosario-Cruz, R., Saldiema, F., & García-Carrasco, D. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8, 61-74. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265649561007.pdf>
- Rosalinski-Moraes, F., Griebeler-Fernandes, F., Munaretto, F., Solange O., Wilmsen, M. O., Welzel, P. M., & Ferreira, M. A. (2012). Método FAMACHA©, escore corporal e de diarreia como indicadores de tratamento anti-helmíntico seletivo de ovelhas em reprodução. *Bioscience Journal*, 28, 1015-1023. URL: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17290>
- Ruiz-Zárate, F., Cruz-Velázquez, F., Aguilar-Caballero, A. J., Olivas-Salazar, R., López-Trujillo, R., Torres-Hernández, G., & Cuéllar-Ordaz, A. (2013). *Resistencia helmíntica de ovinos Katahdin y Pelibuey en Villacorzo, Chiapas, México*. *Agraria*, 10, 109-114. URL: <http://redi.uady.mx/handle/123456789/1051>
- Rusell, A. (1991). Body condition scoring of sheep. In *Sheep and goat practice*. Bailliere, Tindall, London: Boden, E. 3-10 pp.
- SMN, Sistema Meteorológico Nacional (2017). Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia. [En línea]. Disponible en: <http://www.smn.go.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperatura-y-lluvias>. Fecha de consulta: 15 de febrero de 2018.
- Soto-Barrientos, N., Torres-Acosta, J. F. J., Chan-Pérez, J. I., España-España, E., Novelo-Chi, L., Palma-Ávila, I., Ceballos-Mendoza, A. C., Sarabia-Hernández, J. A., Santos-Ricalde R. H., & Cámara-Sarmiento, R. (2018). Body condition score is the best criterion to find ewes with high faecal worm egg counts in hair-sheep sheep farms using a targeted selective treatment under hot tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 167, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.08.011>
- Stafford, K. A., Morgan, E. R., & Coles, G. C. (2009). Weight-based target selective treatment of gastrointestinal nematodes in a commercial sheep flock. *Veterinary Parasitology*, 164(1), 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.009>
- Toro, A., Rubilar, L., Palma, C., & Pérez, R. (2014). Resistencia antihelmíntica en nemátodos gastrointestinales de ovinos tratados con ivermectina y fenbendazol. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(2), 247-252. URL: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2014000200010&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2014000200010&script=sci_arttext)

- Torres-Acosta, J. F. J., Jacobs D. E., Aguilar-Caballero A., Sandoval-Castro, C., May-Martinez, M., & Cob-Galera, L. A., (2004). The effect of supplementary feeding on the resilience and resistance of browsing Criollo kids against natural gastrointestinal nematode infections during the rainy season in tropical Mexico. *Veterinary Parasitology*, 124, 217-238. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.07.009>
- Torres-Acosta, J. F. J., & Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77(2), 159-173. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.009>
- Torres-Acosta, J. F. J., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., Canul-Ku, H. L., & Pérez-Cruz, M. (2009). Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. En Gonzalez-Garduno, R., Berumen-Alaforte, A.C. (Ed.), *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinales de ovinos en el trópico* (pp. 1-14). Tabasco, México: Universidad Autónoma de Chapingo, C.R.U.S.E.
- Torres-Acosta, J. F. J., Mendoza-de-Gives, P., Aguilar-Caballero, A. J., & Cuéllar-Ordaz, J. A. (2012a). *Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American*. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.037>
- Torres-Acosta, J. F. J., Soto-Barrientos, N., González-Hernández, J., Pérez-Cruz, M., Chan-Pérez, I., Rodríguez-Vivas, R. I., & Aguilar-Caballero, A. J. (2012b). Desparasitación selectiva dirigida: una nueva manera de desparasitar ovinos y caprinos. Mérida, Yucatán, México: XXXVI Congreso Nacional de Buiatría. 112 pp.
- Torres-Acosta, J. F. J., Pérez-Cruz, M., Canul-Ku, H. L., Soto-Barrientos, N., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., & Hoste, H. (2014). Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Ruminant Research*, 121(1), 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.01.009>
- Van-Wyk, J. A., Hoste, H., Kaplan, R. M., & Besier, R. B. (2006). Target selective treatment for worm management-how do we sell rational programs to farmers. *Veterinary Parasitology*, 139(4), 336-346. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.023>
- Vercruyse, J., Charlier J., Van-Dijk, J., Morgan, E. R., Geary, T., von-Samson-Himmelstjerna, G., & Claerebout, E. (2018). Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology*, 145, 1655-1664. <https://doi.org/10.1017/S003118201700227X>