



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DE UMBRALES CLÍNICOS EN NEMÁTODOS
GASTROINTESTINALES EN UN REBAÑO CAPRINO EN LA CIUDAD DE
MÉXICO**

DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN

**TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN VETERINARIA
Y ZOOTECNIA PRESENTA:**

DAVID JIMÉNEZ PAZ

**TUTORA PRINCIPAL: CINTLI MARTÍNEZ ORTIZ DE MONTELLANO
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE SALUD
ANIMAL**

CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este proyecto fue posible gracias a la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Al productor Víctor Vega Rodríguez por permitirnos el acceso a su producción caprina y por su gran disposición en el aprendizaje, ya que sin su colaboración el proyecto no habría sido posible.

A la Dra. Cintli Martínez Ortiz de Montellano por la oportunidad de desarrollar el presente proyecto, por su apoyo a lo largo del mismo y la motivación permanente para lograr llevarlo a cabo de la manera más satisfactoria posible, siempre considerando el aspecto académico, personal y anímico.

A mi compañera y amiga Laura, quien fungió como una parte vital de mi aprendizaje durante la maestría aportando su conocimiento, experiencia, paciencia y que se mostró siempre en la mejor disposición de resolver cualquier duda o situación, además de ser una persona íntegra y en la cual pude confiar plenamente.

A mi compañera y amiga Sara, por su apoyo y colaboración en las distintas fases del proyecto, así como por compartir sus experiencias y conocimientos, los cuales enriquecieron en gran medida el aprendizaje obtenido a lo largo de la maestría.

A mis amigas y estudiantes de MVZ Silvia y Laura, por colaborar en los manejos y muestreos, ya que su ayuda, destreza y entusiasmo permitió seguir adelante con los objetivos del proyecto.

A mi familia y seres queridos quienes me han brindado su apoyo día con día y en cada situación que se presenta, incluido mi paso por esta etapa de crecimiento personal.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los umbrales óptimos para diseñar un esquema de Desparasitación Selectiva Dirigida en caprinos mediante la evaluación de FAMACHA®, condición corporal, peso y el conteo de huevos por gramo de heces con respecto a la época del año en un rebaño caprino en la zona ecológica de Milpa Alta. El estudio se realizó en el periodo Agosto 2020-Agosto 2021 en un rebaño con 71 caprinos cruce de las razas Alpina Francesa, Saanen, Toggenburg y Anglo Nubia en diferentes etapas fisiológicas, los cuales fueron muestreados quincenalmente, además, se recabaron datos de la zona ecológica a lo largo del periodo de estudio. Los valores de huevos por gramo de heces se analizaron a través del análisis descriptivo mediante la distribución de los datos, logrando determinar dos épocas en conjunto a los datos meteorológicos, clasificándolas como de sequía y de lluvias, donde además se identificó a los individuos negativos, bajos, moderados y altos eliminadores. Se realizó la prueba *Faecal Egg Count Reduction Test* para conocer la eficacia de tres antihelmínticos y los datos fueron procesados por el programa Microsoft Excel © RESO.exe©. Se realizaron cultivos larvarios para la determinación de los géneros de nematodos gastrointestinales, observando a *Trichostrongylus colubriformis* (46%), *Cooperia* sp. (28%), *Haemonchus contortus* (15%) y *Oesophagostomum* sp. (12%). Fenbendazol, Ivermectina y levamisol mostraron porcentajes totales de efectividad de 32, 93 y 100 % respectivamente. Para fenbendazol, los géneros *Cooperia* sp. y *Oesophagostomum* sp. mostraron resistencia, mientras que *T. colubriformis* y *H. contortus* fueron susceptibles; para ivermectina, únicamente *Oesophagostomum* sp. mostró susceptibilidad, pero se encontró resistencia para el resto de los géneros; todos los géneros fueron susceptibles a levamisol. Se estableció el umbral de huevos por gramo de heces para la época de sequía (2205) y de lluvias (2822), además del uso estratégico de la evaluación de la condición corporal y el método FAMACHA® tomando en cuenta la zona ecológica y su epidemiología para lograr un adecuado control parasitario.

Palabras clave: Caprinos, nematodos gastrointestinales, resistencia antihelmíntica, manejo integrado parasitario, coccidias.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the optimal thresholds for design a Selective Treatment Scheme in goats through evaluation of FAMACHA[®], body condition, body weight and Egg Per Gram of faeces regarding the time of year in a goat herd in the ecological zone of Milpa Alta. The study was conducted from August 2020 to August 2021 in a herd with 71 crossbreed goats of Alpine French, Saanen, Toggenburg and Anglonubian in different physiological stages, which were sampled every 15 days, further, ecological zone data were collected throughout the study. The egg per gram of faeces values were analyzed through descriptive analysis of data distribution, allowing to determine two times of the year, classifying them as rain and drought, where the individuals were identified as negative, low, moderate and high shedders. FECRT test was performed to know the efficacy of three anthelmintics and the data was processed by the program Microsoft Excel [®] RESO.exe[®]. Larval cultures were carried out to determine the main genera of gastrointestinal nematodes, observing *Trichostrongylus colubriformis* (46%), *Cooperia* sp. (28%), *Haemonchus contortus* (15%) y *Oesophagostomum* sp. (12%). Fenbendazole, ivermectin and levamisole showed total efficacy percentages of 32, 93 and 100% respectively. For fenbendazole, the genera *Cooperia* sp and *Oesophagostomum* sp showed resistance, while *T. colubriformis* and *H. contortus* were susceptible; for ivermectin, only *Oesophagostomum* sp showed susceptibility, but resistance was found to the rest of the genera; all genera were susceptible to levamisole. The threshold for eggs per gram of faces was established for the dry (2205) and rain (2822) seasons, further the strategic use of the body condition assessment and the FAMACHA[®] method, considering the ecological zone and its epidemiology to achieve adequate parasitic control.

Keywords: Goats, gastrointestinal nematodes, anthelmintic resistance, integrated parasite management, coccidia.

Contenido

1-	INTRODUCCIÓN.....	1
2-	PARASITOSIS COMUNES EN CAPRINOS	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Características de los nematodos gastrointestinales	3
2.3	Particularidades de los NGI más comunes en caprinos	6
2.4	Coccidias	9
3-	FACTORES INVOLUCRADOS EN EL CONTROL PARASITARIO.....	11
3.1	Control parasitario tradicional	11
3.2	Resistencia antihelmíntica	11
3.3	Determinación de la RAH.....	13
3.4	Manejo integrado parasitario.....	15
3.5	Desparasitación selectiva dirigida	17
3.6	Umbrales clínicos.....	19
3.7	El sistema FAMACHA©	19
3.8	Condición corporal (CC).....	21
3.9	Conteo de HPG.....	22
3.10	Peso corporal	23
4-	JUSTIFICACIÓN.....	24
5-	HIPÓTESIS.....	25
6-	OBJETIVOS.....	25
6.1	Objetivo general	25
6.2	Objetivos específicos	25
7-	MATERIAL Y MÉTODOS	26
7.1	Localización	26
7.2	Datos climatológicos de la zona ecológica.....	26
7.3	Animales	26
7.4	Encuesta dirigida al productor	27
7.5	Prueba <i>FECRT</i>	27
7.6	Determinación de la carga parasitaria.....	28
7.7	Cultivos larvarios de NGI	29
7.8	Evaluación del método FAMACHA©.....	30
7.9	Evaluación de la condición corporal.....	30

7.10 Evaluación del peso corporal	31
7.11 Análisis de datos	31
7.12 Evaluación de la alimentación.....	32
8- RESULTADOS	33
8.1 Encuesta al productor	33
8.2 Prueba FECRT.....	35
8.3 Cultivos larvarios.....	35
8.4 Determinación de la carga parasitaria y climatología.....	37
8.4.1 Caracterización de HPG por época	37
8.4.2 Caracterización de los animales de acuerdo a la eliminación de HPG ..	38
8.4.3 Caracterización de acuerdo a la etapa productiva	39
8.4.4 Caracterización de ooquistes por gramo de heces (OPG).....	40
8.5 Evaluación de FAMACHA©	41
8.6 Evaluación de la CC.....	41
8.7 Evaluación del peso corporal	42
8.8 Correlación de variables y análisis de riesgo	42
8.9 Resultados evaluación de la dieta.....	45
8.9.1 Estimación de la superficie de pastoreo	45
8.9.2 Determinación de las necesidades nutricionales	45
8.9.3 Evaluación del área de pastoreo.....	46
8.9.4 Evaluación de los complementos ofrecidos en el corral	46
8.10 Propuesta de DSD para la producción caprina de Milpa Alta.	48
9- DISCUSIÓN.....	49
9.1 Encuesta al productor	49
9.2 Prueba FECRT y cultivos larvarios	51
9.3 Determinación de la carga parasitaria y climatología.....	52
9.3.1 Caracterización por HPG y época.....	52
9.3.2 Determinación del umbral de HPG por época	53
9.3.3 Caracterización de acuerdo a eliminación de HPG	54
9.3.4 Categorización por etapa productiva	55
9.3.5 Coccidias	56
9.4 Relación de los indicadores HPG, FAMACHA©, peso corporal y CC	57

9.4.1 FAMACHA© y HPG; FAMACHA y CC.....	57
9.4.2 CC y HPG	58
9.4.3 Peso y HPG	59
9.5 Evaluación de la alimentación.....	59
9.5.1 Cantidad de forraje disponible y determinación de MS.....	59
9.5.2 Complementos a la dieta	60
9.6 Propuesta de esquema de DSD.....	60
9.6.1 Consideraciones y recomendaciones	60
10- CONCLUSIONES.....	62
11- BIBLIOGRAFÍA.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tarjeta FAMACAHA© para la evaluación de la mucosa conjuntival de acuerdo a 5 categorías. (Foto de David Jiménez Paz)

Figura 2. Escala condición corporal para ovinos y caprinos; (imagen tomada y modificada de Pugh y Baird, 2012).

Figura 3. Hoja de cálculo usada para el llenado, clasificación y análisis de datos obtenidos de cada muestreo.

Figura 4. Cultivo larvario realizado por el método de Corticelli y Lai (modificado). (Foto de David Jiménez Paz)

Figura 5. Evaluación de un caprino por el método FAMACHA©

Figura 6. Pesaje de caprinos con báscula colgante y arnés. (Foto de David Jiménez Paz)

Figura 7. Cuadrante para muestreo; muestras de forraje en horno y báscula para determinación de materia seca. (Fotos de David Jiménez Paz)

Figura 8. Porcentaje de L3 para cada género de NGI identificado en el periodo 2020-2021.

Figura 9. L3 identificadas por mes de acuerdo al género parasitario y precipitación pluvial en el periodo 2020-2021.

Figura 10. Géneros larvarios identificados mediante evaluación morfométrica; A) *Cooperia* sp, B) *H. contortus*, C) *Oesophagostomum* sp, D) *T. colubriformis*. (Fotografías de David Jiménez Paz).

Figura 11. Distribución anual de HPG con respecto a la precipitación pluvial de la zona ecológica en el periodo 2020-2021. Cálculo del tercer cuartil (Q3) simulando el fenómeno de la superdispersión.

Figura 12. Distribución anual de HPG por etapa productiva el periodo 2020-2021.

Figura 13. Distribución anual de OPG con respecto a la precipitación pluvial de la zona ecológica en el periodo 2020-2021. Cálculo del tercer cuartil (Q3) simulando el fenómeno de la superdispersión.

Figura 14. Distribución anual del valor de FAMACHA© en el periodo 2020-2021.

Figura 15. Distribución anual de la evaluación de la condición corporal en el periodo 2020-2021.

Figura 16. Distribución anual de peso corporal en el periodo 2020-2021

Figura 17. Correlación entre peso y HPG para las épocas de lluvia y sequía.

Figura 18. Correlación entre FAMACHA© y HPG para las épocas de lluvia y sequía.

Figura 19. Correlación entre CC y HPG para las épocas de lluvia y sequía.

Figura 20. Correlación entre CC y FAMACHA© para la época de lluvias y sequía.

Figura 21. Delimitación de la superficie estimada para el pastoreo de los caprinos. (Mapa obtenido y editado de Google Maps)

Figura 22. Diagrama de flujo para la toma de decisiones en la desparasitación de caprinos en Milpa Alta (Tomado y modificado de Torres-Acosta et al., 2014).

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales antihelmínticos utilizados y dosis recomendadas en ovinos y caprinos de acuerdo a Pugh y Baird (2012).

Cuadro 2. Escala y características para la evaluación de la CC en caprinos; (modificado de Pugh y Baird, 2012).

Cuadro 3. Datos obtenidos de la encuesta realizada al productor de acuerdo al rubro determinado.

Cuadro 4. Eficacia de AH evaluados de acuerdo al género parasitario.

Cuadro 5. Caracterización de acuerdo a los rangos de eliminación de HPG con respecto a la época de lluvias y época de sequía en la zona ecológica en el periodo 2020-2021

Cuadro 6. Categorización de las etapas productivas de acuerdo a la eliminación de HPG y al riesgo de presentación de parasitosis.

Cuadro 7. Necesidades nutricionales de proteína, mega calorías e ingesta de materia seca por día en tres etapas productivas de acuerdo al NRC (2007).

Cuadro 8. Cantidad de forraje disponible en Kg/ha en base húmeda y base seca, además de porcentaje de materia seca de la pradera evaluada de acuerdo al mes.

Cuadro 9. Necesidades de consumo para las etapas productivas en base seca y base húmeda.

Cuadro 10 Estimación del contenido de proteína y mega calorías de los principales ingredientes ofrecidos y su aporte de acuerdo a la cantidad aproximada ofrecida por individuo.

Cuadro 11. Recomendaciones para la correcta aplicación de AH de acuerdo al mes y el género de NGI para la producción caprina de Milpa Alta.

Cuadro 12. Uso de antihelmínticos durante la gestación y tiempo de retiro (Plumb, 2010)

1- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las producciones de pequeños rumiantes, y especialmente las dedicadas a la producción caprina, se enfrentan cotidianamente a múltiples problemáticas que afectan su desempeño, donde destacan las relacionadas con los parásitos y principalmente aquellas que involucran a los nematodos gastrointestinales (NGI). Se sabe que estos parásitos pueden llegar a producir efectos adversos en las diferentes etapas productivas de los rebaños caprinos, como pueden ser diarreas, pérdida de peso corporal, reducción del apetito, disminución de la producción láctea y, en los casos más severos, la muerte de los animales (Figuroa-Antonio *et al.*, 2021). Para realizar el control de las poblaciones de NGI, productores y veterinarios han utilizado y abusado de los antihelmínticos (AH) disponibles en el mercado, realizando prácticas y manejos inadecuados que han traído como consecuencia la aparición de cepas de NGI multirresistentes que ponen en riesgo a las producciones de rumiantes y la zona ecológica donde se desempeñan (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2017). Actualmente, se buscan nuevas estrategias para evitar el desarrollo de la resistencia antihelmíntica (RAH), como lo es el Manejo Integrado Parasitario (MIP), donde son utilizadas herramientas como la carta FAMACHA®, la evaluación de la condición corporal (CC) y la carga parasitaria, que permiten evaluar parámetros fisiopatológicos en los caprinos, además, estas estrategias incluyen la evaluación de la zona ecológica, la epidemiología, la determinación de la RAH y la distribución de la carga parasitaria para realizar un adecuado diagnóstico que dirija a medidas objetivas que ayuden a la toma de decisiones al momento de realizar la desparasitación (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es determinar los umbrales óptimos para diseñar un esquema de desparasitación selectiva dirigida (DSD) para la producción caprina mediante la evaluación de la carta FAMACHA®, CC, peso corporal y el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) con respecto a la época del año en la zona ecológica de Milpa Alta. Las acciones realizadas permitirán obtener criterios objetivos dentro del rebaño que ayuden a tomar la decisión de si un animal debe o no ser desparasitado.

2- PARASITOSIS COMUNES EN CAPRINOS

2.1 Antecedentes

Los caprinos, especialmente aquellos que dependen del pastoreo para su alimentación, se encuentran en contacto con múltiples agentes que interactúan con ellos ampliamente y que los han acompañado desde mucho antes de su domesticación, pudiendo encontrar a virus, bacterias, protozoarios, micoplasmas, hongos, parásitos, entre otros. Todos ellos juegan un papel importante en la zona ecológica en la que se desarrollan, sin embargo, los parásitos, y principalmente los NGI, son de gran importancia dentro de las producciones caprinas (Camacho-Ronquillo *et al.*, 2021).

En estas producciones, se destaca la merma que llegan a ocasionar, encontrando pérdidas de hasta un 35% del potencial productivo en rebaños ovinos y caprinos en países desarrollados (Joya-Cárdenas, 2021), mientras que en datos de la India, se han estimado pérdidas por 103 millones de dólares anuales (Selemon, 2018); en algunos de los casos, solamente se cuenta con referencias de producciones bovinas, donde se han estimado pérdidas superiores a los 400 millones de dólares y que pueden dar una idea de la dimensión de este problema en ovinos y caprinos (Camacho-Ronquillo *et al.*, 2021).

Se sabe que, en México, los principales géneros de NGI encontrados en pequeños rumiantes son: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus* sp., *Teladorsagia circumcincta*, *Cooperia* sp., *Oesophagostomum* sp, *Trichuris ovis*, *Strongyloides papillosus*, *Chabertia ovina* y *Bunostomum* sp., los cuales no se presentan individualmente en las infecciones, sino que pueden encontrarse diversos géneros conviviendo dentro de los individuos del rebaño. Estos parásitos se encuentran distribuidos mundialmente en las producciones desde climas templados hasta tropicales, en algunos casos presentándose como infecciones subclínicas o en otros casos manifestando signos que varían en severidad dependiendo de factores como la alimentación, la edad, el fin zootécnico o los manejos que se realicen en la producción (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

Los signos que pueden asociarse a los NGI son diarreas, anorexia, pérdida de sangre y proteínas plasmáticas desde el tracto digestivo, alteraciones del metabolismo proteico, reducción en la absorción de minerales, reducción en la ganancia de peso, disminución de la producción láctea y, en los casos más severos, la muerte de los animales (Babják *et al.*, 2017; Figueroa-Antonio *et al.*, 2018; Camacho-Ronquillo *et al.*, 2021).

2.2 Características de los nematodos gastrointestinales

- Distribución

Los NGI se encuentran distribuidos en la mayor parte del mundo debido a su gran adaptación a las diferentes condiciones climáticas, pero se encuentran con mayor frecuencia en aquellas zonas donde temperatura y humedad favorecen el establecimiento de las fases infectivas, además, se sabe que los distintos géneros tienen preferencias por ciertos climas, lo que genera que uno o varios géneros predominen en una región geográfica en particular (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

- Ciclo biológico

Los NGI son parásitos de ciclo directo en los que pueden encontrarse dos grandes fases: una exógena y una endógena. La fase exógena se inicia con la expulsión de los huevos hacia el medio ambiente a través de las heces del huésped, donde, si se presentan las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y oxigenación, comienza la eclosión de los huevos y la liberación de las larvas 1 (L1), las cuales después de cierto tiempo cambiarán al estadio de larva 2 (L2), desprendiéndose de la cutícula protectora; estas fases se alimentan esencialmente de materia orgánica encontrada en las heces, incluyendo bacterias y esporas de hongos. Una vez que las L2 sufren una segunda muda se transforman en larvas 3 (L3), las cuales tienen gran relevancia ya que son consideradas el estadio infectante; esta etapa no puede alimentarse debido a que la última muda realizada la cubre, por lo que depende de sus reservas alimenticias para su supervivencia. La transformación desde huevo hasta larva infectante tiene una duración de 7 a 10 días, siempre que las condiciones ambientales sean las adecuadas, ya que en temperaturas bajas el proceso tiende a alargarse. La L3 es sumamente móvil y migrará desde las heces

hasta la parte superior de tallos y hojas de plantas para intentar ser consumida por el huésped, realizando este proceso mayormente por las noches (Perpere, 2016; Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

La fase exógena inicia con la ingesta de la L3, la cual, al ser ingerida, y en presencia del pH ruminal (*H. contortus*, *Trichostrongylus* y *Ostertagia/Teladorsagia*) comenzará una nueva muda, aunque en algunos casos se sospecha que las especies alojadas en el intestino realizaran la muda en esta localización. Una vez liberadas, las L3 penetrarán en la mucosa o se localizarán en las glándulas gástricas para convertirse en larvas 4 (L4), donde permanecerán de 10 a 14 días hasta salir al lumen del abomaso y continuar su desarrollo hasta larvas 5, pasando por último al estadio adulto, permitiendo su reproducción y dónde el número de huevos producidos será determinado de acuerdo al género de NGI e influenciado por factores como el grado de infección, la relación de machos y hembras, la edad del animal, el sexo, su nivel de inmunidad, su estado o etapa fisiológica, o hasta la consistencia de las heces. En el exterior, las condiciones climáticas determinarán la supervivencia y desarrollo de los huevos para continuar con el ciclo (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

- Hipobiosis

Existen dos rutas que las L4 pueden tomar; una es completar el ciclo hasta convertirse en adultos, mientras que la otra es permanecer en un estado de aletargamiento dentro de la mucosa de la porción del aparato digestivo donde se desarrolla, a lo cual se le denomina hipobiosis, arresto larvario o desarrollo inhibido; este proceso puede ser causado por condiciones ambientales, condiciones en la salud del huésped, la nutrición, entre otras. *H. contortus* y *Ostertagia/Teladorsagia* son algunos de los géneros que han presentado esta característica. El proceso es de gran importancia debido a que permite a la L4 permanecer conservada en la pared intestinal durante un periodo donde las condiciones climáticas y de medio ambiente no permiten el desarrollo de los estados evolutivos fuera del huésped, manteniendo al parásito viable para cuando las condiciones se vuelvan adecuadas

y exista una mayor posibilidad de supervivencia de su progenie (Perpere, 2016; Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

- Interacción con en el ambiente

Se sabe que existe una interacción importante con la precipitación pluvial y las temperaturas cálidas encontradas estacionalmente, ya que favorecen el desarrollo de los estadios mencionados. Además de este factor, los pellets o excrementos que permanecen en las praderas o potreros son de vital importancia para la supervivencia de los NGI, ya que en ellas se incuban las primeras fases evolutivas hasta alcanzar la fase infectiva, funcionando como un reservorio y protegiéndolas de las condiciones ambientales adversas por periodos prolongados de tiempo. Las temperaturas ideales para su desarrollo están entre 22 y 26 °C, aunque algunos géneros pueden continuar su desarrollo a temperaturas inferiores que retrasan el ciclo biológico; por el contrario, temperaturas superiores a los 30°C pueden permitir su desarrollo, pero aumenta la mortalidad larvaria especialmente con humedad menor al 85% (Perpere, 2016; Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

La migración de las larvas que han emergido de las heces obedece a varios mecanismos como son: el hidrotropismo positivo, geotropismo negativo, fototropismo positivo a la luz tenue y fototropismo negativo a la luz intensa; así las larvas migran hacia la parte superior de las plantas con ayuda del rocío y se desplazan horizontalmente en muchos casos con ayuda de factores como el pisoteo de los animales, los hongos que crecen sobre las heces o con ayuda de algunos insectos coprófagos. Las precipitaciones ayudan a la desintegración de las heces, liberando las larvas hacia la vegetación y la humedad proveniente del microambiente favorece su desplazamiento, además, se conoce que cuando la larva ha migrado a la parte superior de la planta y la desecación aumenta impidiendo la humedad, la larva tiende a regresar a la base de la planta donde puede encontrar una mayor humedad (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

2.3 Particularidades de los NGI más comunes en caprinos

- *H. contortus*

Es uno de los más importantes NGI en pequeños rumiantes, principalmente en aquellos que se encuentran en el trópico, donde se observan mortalidades altas en animales jóvenes. Presenta un ciclo de vida menor a 3 semanas y debido a que las hembras pueden producir entre 5000 y 10000 huevos por día, genera una gran contaminación de los potreros, volviéndolos lugares peligrosos para el pastoreo. Se aloja en el abomaso produciendo lesiones severas en la mucosa, y hemorragias generadas por una proteína secretada por el parásito, la cual facilita el consumo de sangre junto a la lanceta presente en su capsula bucal; se conoce que el consumo de sangre es de 0.5 ml por parasito por día, (Selemon, 2018; Figueroa-Antonio *et al.*, 2018).

Los signos observados son anemias de moderadas a severas, diarreas e hipoproteinemia, pérdida progresiva de peso, así como reducción en la digestión de los alimentos (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

La característica morfología de las hembras adultas hace que puedan identificarse fácilmente, ya que presentan un tubo digestivo color rojo a rosáceo debido al consumo de sangre, el cual se encuentra entrelazado en forma de espiral con dos cordones genitales blancos, lo cual le da el clásico aspecto de “palo de barbero” (Selemon, 2018).

- *Teladorsagia circumcincta*

Se le considera un nematodo predominante de climas templados y fríos donde genera importantes pérdidas productivas. Los adultos se reproducen en el abomaso, donde las hembras pueden llegar a producir de 100 a 200 huevos por día que serán expulsados por las heces hacia el medio ambiente, desarrollándose hasta el estadio de L3. Una vez ingeridas las L3 por el rumiante, migrarán hacia las glándulas abomasales para volverse una L4, la cual regresará posteriormente hacia la luz del abomaso como un parasito adulto (Elseadawi *et al.*, 2019).

Las hembras son una de las fuentes principales de infección debido al aumento de la expulsión de huevos en el parto, que junto con temperaturas ambientales cálidas posteriores elevarán la carga de L3 en los potreros, siendo las crías recién nacidas y los animales en destete los más afectados al ser expuestas a grandes cantidades de L3. La problemática radica en la salida de las L4 desde las glándulas abomasales, formando nódulos en el epitelio del abomaso, edema y desprendimiento de los pliegues abomasales, provocando en consecuencia hipoalbuminemia con edema submandibular, diarrea, anorexia, deshidratación, así como pérdida de peso y retraso en el desarrollo, complicándose cuando existen infecciones mixtas con *Trichostrongylus*, además de presentarse con una mayor severidad en caprinos en comparación a los ovinos. La resistencia hacia este parásito requiere de periodos más prolongados de exposición en comparación a otros géneros de NGI (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017; Elseadawi *et al.*, 2019).

- *Trichostrongylus colubriformis*

Es el segundo NGI más importante después de *H. contortus*, se localiza en intestino delgado de pequeños rumiantes, siendo de tamaño menor a 7mm de largo y es considerada una especie sumamente patógena a pesar de que la producción de huevos por hembra se encuentra entre 100 y 200 huevos por día. Los signos se presentan principalmente cuando las cargas parasitarias son altas, cuando existen factores de estrés como el transporte, o enfermedades que reducen la respuesta inmune (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

Se manifiesta con enteritis severa por pérdida de vellosidades intestinales, erosión en el epitelio de la mucosa duodenal, hiperplasia e hipertrofia de las criptas y exudación de proteínas séricas hacia el lumen, lo que produce una incapacidad de digestión y absorción de nutrientes, incluyendo minerales, lo cual produce diarreas intensas que se ven reflejadas en pérdidas severas del peso corporal, retraso en el crecimiento y disminución en el desempeño productivo, aunque esta presentación es en los casos más severos, mientras que en la mayoría de los casos las infecciones son subclínicas (Dias-e-Silva, *et al.*, 2019).

- *Cooperia sp*

Se encuentra en regiones tropicales y subtropicales, donde infecta el intestino delgado de rumiantes, principalmente animales jóvenes. Se le considera un género menos patógeno aunque las hembras pueden llegar a producir entre 1000 y 3000 huevos por día; se asocia a gastroenteritis, produciendo pérdida de las vellosidades intestinales con una respuesta inflamatoria intensa que induce la pérdida de proteínas plasmáticas, produciendo de igual forma una reducción en la eficiencia digestiva que se ve reflejada con disminución del peso corporal, anemia, hipoproteinemia o hasta la muerte de los animales; cabe señalar que la severidad del cuadro dependerá del nivel de infección, ya que en la mayoría de los casos la infección es subclínica (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017; Albrechtová *et al.*, 2020).

- *Oesophagostomum sp*

Puede encontrarse en la última porción del intestino delgado, pero principalmente en intestino grueso, por lo que ha sido considerado el agente primario de la enteritis nodular. Su ciclo de vida se estima en seis semanas, a diferencia de otros géneros, a los cuales les toma de tres a cuatro semanas. Las L3 pueden penetrar en la lámina de la pared intestinal, en la última porción del intestino delgado o hasta en ciego y colon, formando nódulos de tipo fibroso donde pasan dos semanas para posteriormente dirigirse hacia la luz intestinal y madurar en aproximadamente 4 semanas. Dependiendo de factores como la exposición previa del animal a este parásito, las larvas pueden pasar un periodo largo de tiempo dentro de los nódulos, el cual puede ser de 3 hasta 5 meses, aunque algunas pueden morir o calcificarse en este proceso. Se sabe que las hembras producen cantidades de huevos similares a las producidas por *H. contortus* (5000 a 10000 huevos por día) (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017)

La penetración de las larvas en la mucosa, produce diarrea severa donde puede observarse mucosidad y sangre, lo cual llega a producir cuadros de anemia, hipoproteinemia y, en consecuencia, pérdidas significativas de peso (Chandra *et al.*, 2021).

Es importante señalar que existen otras especies y géneros parasitarios que podrán encontrarse de acuerdo a la región que se estudie, por ejemplo, *Trichuris sp*, *Moniezia sp* o *Fasciola hepática*, pero que al encontrarse en menores proporciones generarán problemáticas de baja relevancia para las producciones pero que deberán ser tomadas en cuenta como una futura referencia (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

2.4 Coccidias

Además de los NGI, las coccidias son otro grupo parasitario que genera problemáticas de importancia en las producciones de rumiantes a nivel mundial estimándose pérdidas anuales por 23.7 millones de dólares, dónde uno de los géneros principales es *Eimeria sp*, el cual se encuentra en regiones con clima templado, subtropical y tropical, presentándose con mayor frecuencia en sur y centro de México, en temperaturas cálidas y húmedas, sin embargo, en la región norte su prevalencia es menor debido a las condiciones extremas que predominan en esta área. Algunas de las principales especies de *Eimeria* encontradas en caprinos en México son: *E. alijevi*, *E. arloingi*, *E. caprina*, *E. caprovina*, *E. christenseni*, *E. hirci*, *E. jolchijevi* y *E. ninakohlyakimovae* (Figueroa-Antonio *et al.*, 2018, Alcalá-Canto *et al.*, 2019; 2020)

Se presentan principalmente en animales jóvenes o que se encuentran bajo estrés, los cuales pueden manifestar problemas como diarreas, pérdida de peso, anorexia e inflamación del órgano afectado, aunque la severidad del cuadro depende de la carga parasitaria ingerida, la especie de *Eimeria*, la edad, el estado de salud y nutrición del animal, así como de las prácticas llevadas a cabo dentro de la producción; los animales adultos se vuelven resistentes a la infección una vez que han tenido exposiciones previas al agente gracias a la respuesta inmune desarrollada. La lluvia, la temperatura, la radiación solar, tipo de suelo, pH, altitud y tipo de vegetación son algunos de los factores que determinan su distribución, aunque la lluvia y la humedad del suelo son los factores más relevantes para su reproducción, ya que permiten el la esporulación y el aumento de las fases infectantes. Los ooquistes de *Eimeria sp* pueden llegar a sobrevivir por semanas o

meses en condiciones adecuadas de humedad y calor moderados, aunque pueden ser muy susceptibles a condiciones de desecación severa o alta temperatura (Alcala-Canto et al., 2019; 2020).

Su ciclo de vida se basa en tres etapas principales (Taylor *et al.*, 2017):

- a) *Esporogonia*: donde los ooquistes esporulados se consideran la fase infectante, formado por esporoblastos, esporoquistes y esporozoitos.
- b) *Esquizogonia o Merogonia*: el huésped se infecta al ingerir el ooquiste esporulado, liberándose los esporoquistes y posteriormente los esporozoítos, los cuales penetran individualmente en las células epiteliales donde se redondean y forman algo conocido como trofozoíto. Posteriormente se dividen mediante fisión binaria para formar el meronte o esquizonte, estructura formada por un elevado número de organismos conocidos como merozoítos. Al completar su división, la célula se rompe junto con el meronte y los merozoítos pueden invadir las células aledañas. La merogonia puede repetirse varias veces dependiendo de la especie de *Eimeria*.
- c) *Gamogonia o Gametogonia*: la merogonia concluye cuando se forman dos tipos de gametos masculinos y femeninos, microgametocitos y macrogametocitos respectivamente; los microgametocitos se dividen rápidamente para formar organismos flagelados con un solo núcleo denominados microgametos, los cuales penetran en los macrogametos para llevar a cabo la fusión de los núcleos, lo cual da origen a un cigoto (zigotoquiste u ooquiste), el cual es liberado en las heces como un ooquiste no esporulado.

La infección es adquirida por la ingesta de ooquistes infectantes que han esporulado previamente bajo condiciones adecuadas en el medio ambiente y su ciclo de vida variará en duración dependiendo de la especie. La severidad de las lesiones producidas puede variar, presentándose hiperemia, edema y hemorragias a nivel intestinal como parte de una respuesta inflamatoria y la destrucción celular, además de infiltración celular, hiperplasia epitelial o hasta la pérdida del epitelio intestinal (Terrones *et al.*, 2020; Alcala-Canto *et al.*, 2020).

3- FACTORES INVOLUCRADOS EN EL CONTROL PARASITARIO

3.1 Control parasitario tradicional

La necesidad de resolver las problemáticas ocasionadas por los NGI atrajo la búsqueda de opciones más efectivas para su control, apareciendo los AH convencionales modernos, los cuales presentaban eficacias superiores al 95%, considerándose una medida confiable para mejorar la producción y evitar los efectos negativos que producían en los animales en pastoreo (Torres-Acosta *et al.*, 2019).

Los AH se clasifican en tres familias principales de acuerdo a su modo de acción (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021):

- a) **Benzimidazoles (BZ):** se unen a la subunidad alfa de la proteína β -tubulina, evitando la polimerización entre las unidades alfa y beta, provocando que los túbulos no puedan formarse, produciendo la muerte de los nemátodos.
- b) **Lactonas macrocíclicas (LM):** se unen completa e irreversiblemente a las subunidades de los canales iónicos de cloro, activados por diferentes neurotransmisores, por ejemplo, glutamato, provocando la hiperpolarización de la membrana de la célula muscular o neuronal, provocando así parálisis y expulsión de los NGI.
- c) **Imidazotiazoles (IM):** actúan selectivamente como agonistas colinérgicos (receptores colinérgicos) de las membranas de las células musculares de los NGI, resultando en contracción muscular y parálisis espástica.

Estos fármacos han mostrado resultados sumamente importantes en las producciones, mejorando sus parámetros productivos y evitando pérdidas económicas, aunque que quienes se responsabilizaban del manejo de los rumiantes dejaron de lado cualquier otro método de control contra los NGI que se hubiese utilizado previamente, generando otras problemáticas como la RAH (Torres-Acosta *et al.*, 2019).

3.2 Resistencia antihelmíntica

Una vez contando con tres principales familias de AH disponibles comercialmente (BZ, LM, IM), su uso se volvió cotidiano dentro de las producciones, mecanizando

las acciones de control, ya que, aun sin manifestar algún signo de enfermedad relacionada a los NGI, comenzaron a realizarse desparasitaciones en los rebaños completos, permitiendo la selección de aquellos NGI que no eran afectados por los AH aplicados, además, estos procedimientos fueron sumando acciones inadecuadas como la subdosificación de los AH al no realizar un previo pesaje de los animales, el uso de las mismas dosis de AH para ovinos o caprinos, la inadecuada selección del AH, la falta de rotación de los AH y desparasitaciones frecuentes, además de realizar estos manejos sin la asesoría adecuada (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2017).

Así, la RAH es definida como el cambio genético en la habilidad de los parásitos para sobrevivir a tratamientos con las dosis adecuadas de AH, describiendo una condición de las poblaciones de nemátodos donde, a pesar de haber sido previamente sensibles a AH, heredan la habilidad de sobrevivir y evadir los efectos tóxicos de estos medicamentos después de su administración (Perpere, 2016; Sepúlveda-Vázquez *et al.*, 2017). Esta problemática es grave, ya que una vez que un rebaño ha comenzado a presentar RAH, las posibilidades de controlar las infecciones se reducen y debe comenzar a restringirse el uso del pastoreo como alimentación para los animales (Torres-Acosta, *et al.*, 2009).

Existen múltiples trabajos que han señalado la problemática de la RAH en los principales géneros de NGI en estados como Tabasco, Chiapas, Yucatán, Campeche, Tlaxcala, Puebla y Veracruz (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021), además, actualmente, existen datos de suma importancia donde se observa multirresistencia a todas las clases de AH disponibles en rebaños de México y Brasil (Torres-Acosta *et al.*, 2019), más aún, de cepas de NGI resistentes a un antihelmíntico de reciente introducción llamado monepantel (Cintra *et al.*, 2016 y 2018).

De igual forma, se ha demostrado que la incidencia de la RAH en rebaños caprinos es mayor que en la de ovinos debido a que las dosis de AH utilizadas en ovinos difieren en gran medida de las usadas en caprinos, ya que estos requieren de dosis más elevadas de acuerdo a su metabolismo, por lo que, si son utilizadas las mismas dosis que en ovinos, su biodisponibilidad disminuye, favoreciendo la RAH en los

NGI que será compartida en ambas especies (Babják *et al.*, 2017). Las dosis recomendadas de los AH más comúnmente utilizados se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales antihelmínticos utilizados y dosis recomendadas en ovinos y caprinos de acuerdo a Pugh y Baird (2012).

Antihelmíntico	Dosis en ovinos	Dosis en caprinos
Fenbendazol	5 mg/kg	5 mg/kg
Albendazol	7.5 mg/kg	10-15 mg/kg
Levamisol	8 mg/kg	12 mg/kg
Ivermectina	0.2 mg/kg	0.4 mg/kg

Actualmente la RAH sigue extendiéndose mundialmente, lo cual hace que debamos reflexionar acerca de los métodos de control parasitario que se utilizan cotidianamente y la problemática que puede desencadenarse si no se buscan nuevas alternativas para evitarla.

3.3 Determinación de la RAH

Para determinar la presencia de la RAH en los rebaños una de las herramientas utilizadas con más frecuencia es la prueba *FECRT* (por sus siglas en inglés *Faecal Egg Count Reduction Test*) o Prueba de Conteo de Reducción de Huevos en Heces, la cual se considera el principio de toda acción para el control de NGI y que se describe a continuación (Niec, 1968; Rodríguez-Vivas, 2015):

I. Pre-tratamiento

Se seleccionarán aquellos animales, que presenten cargas de huevos mayores a 150 HPG, los cuales deben encontrarse pastoreando en los mismos espacios. Los animales serán jóvenes o adultos no importando si son machos o hembras.

Los animales serán registrados y se les tomarán muestras de heces directamente del recto (5 gr aproximadamente) con bolsas de plástico nuevas, las cuales serán identificadas con plumones indelebles. Las muestras se almacenarán en una hielera con refrigerante a 4°C hasta su procesamiento en el laboratorio.

Su procesamiento se realizará a través de la técnica de McMaster para determinar la carga de HPG y se utilizarán 2 gr de heces de cada individuo para realizar un

coprocultivo de acuerdo a cada grupo de desparasitante que se desee probar, así como uno para el grupo control. Los coprocultivos se realizarán en el interior de cajas de Petri de 10 cm de diámetro, las cuales se colocarán en el interior de cajas de Petri de 20 cm de diámetro, agregando agua purificada a por lo menos 0.5 cm de la caja de Petri y manteniéndolas a una temperatura de 25°C y humedad del 80% por 7 días.

Al octavo día se recolectarán las L3, a través de un tamizado o filtrado mediante papel filtro para eliminar el detritus fecal y manteniéndolas a 4°C hasta su identificación. La identificación de los géneros de L3 se realizará por cada grupo tratado y del grupo control, utilizando las claves de identificación morfométrica, colocando las larvas en una porta objetos, cubriéndolos con un cubre objetos y observándolas al microscopio.

El procedimiento se realizará en por lo menos dos grupos (grupo tratado y grupo control) los cuales estarán conformados por 10 a 15 animales, distribuyendo para mayor conveniencia aquellos animales que tengan similar eliminación de HPG.

II. Tratamiento (Día 0)

Se administrará el tratamiento antihelmíntico seleccionado para cada grupo, siguiendo las recomendaciones del fabricante (dosis, vía de administración etc.) aunque para mayor seguridad se utilizarán las dosis mencionadas por Rodríguez en el libro antes mencionado. Deberá realizarse el pesaje de los animales y en el caso de que se ofrezcan tratamientos orales se ayunará a los animales 14 horas previas a su correcta aplicación.

III. Post tratamiento

De acuerdo al antihelmíntico utilizado se decidirá el tiempo que transcurrirá entre el día de tratamiento y el segundo muestreo de heces tomando en cuenta los tiempos recomendados.

Una vez que los animales sean muestreados por segunda vez, se proseguirá a realizar de igual manera el conteo de HPG mediante la técnica de McMaster y los coprocultivos por grupo, siguiendo el proceso descrito anteriormente.

Para el análisis de los datos se utiliza una hoja de cálculo con la que se proporciona las medias aritméticas, la cual es la prueba más severa de una reducción porcentual y, por lo tanto, es una medida más conservadora del rendimiento del tratamiento.

3.4 Manejo integrado parasitario

Surge el término control o MIP ante la necesidad de buscar métodos alternativos al control de las parasitosis, el cual se define como la combinación y la utilización de los métodos de control parasitario disponibles, con la finalidad de mantener niveles aceptables de producción sin la eliminación total del agente causal (Vercruyse *et al.*, 2018).

Para una correcta aplicación del MIP se toman en cuenta algunos puntos de vital importancia (Martínez-Ortiz-de-Montellano, 2014):

- a) Consideración de las características particulares de la producción, en su marco socioeconómico, situación local, regional y mundial, siempre de acuerdo con su contexto.
- b) Evaluación de las prácticas de control de los NGI en la producción, donde se consideran las causas de la posible RAH y las fallas de manejo general ante las parasitosis.
- c) Realizar el diagnóstico de RAH con la técnica más frecuentemente utilizada para rumiantes, la cual es la prueba FECRT, que representa el principio de toda acción de control y manejo global de la RAH.
- d) Diseño de estrategias para el control de los NGI en función a las necesidades del productor y los resultados de los puntos anteriores, considerando métodos convencionales y no convencionales, además de la experiencia previa del productor a cerca de su propia producción.
- e) Compartir y difundir la información y los resultados obtenidos para reforzar y retroalimentar el MIP entre productores y profesionales dedicados a continuar con la investigación del control de los NGI en rumiantes.

Los métodos de control con los cuales se cuenta actualmente se basan en tres grandes principios: a) aquellos que aumentan la resistencia del hospedero ante los NGI, b) aquellos que agotan la fuente de contaminación (destrucción de larvas de

vida libre en el ambiente), y c) aquellos que eliminan a los NGI dentro del huésped (Hoste *et al.*, 1997; Charlier *et al.*, 2014), a continuación, se resumen algunas características de cada uno de ellos.

a) Aumentar la respuesta del hospedero ante los NGI (Isidro-Requejo *et al.*, 2017; Torres-Acosta *et al.*, 2019; Reyes-Guerrero *et al.*, 2021)

- El aporte de proteína y energía en las dietas, además de la suplementación con macro y micronutrientes de calidad, permite que los animales suplementados mejoren su resiliencia y resistencia contra NGI a través del fortalecimiento de la inmunidad de los animales, lo cual ha tenido gran utilidad en producciones donde el nivel nutricional es deficiente en calidad o cantidad.
- Otra de las opciones que han surgido para el control de NGI en rumiantes en pastoreo han sido las vacunas, diseñadas mediante antígenos parasitarios de nematodos como *H. contortus* y que han demostrado tener efectividades superiores al 60% en ovinos y en caprinos, ofreciendo una protección parcial, la cual se espera volver más efectiva con investigaciones posteriores.
- La selección genética de los animales que presentan resistencia natural a los NGI mediante programas de mejoramiento genético es una alternativa a mediano y largo plazo para enfrentar los problemas de parasitosis, ya que se han demostrado buenos resultados, todo ello relacionado a la evaluación de diversos estándares como el conteo de HPG, el hematocrito, la determinación de anticuerpos (IgA, IgE), el grado de eosinofilia en sangre entre otros.

b) Agotar la fuente de contaminación (Torres-Acosta *et al.*, 2019; Reyes-Guerrero *et al.*, 2021)

- Uno de los principales métodos utilizados con este fin es el pastoreo rotacional, el cual se basa en la permanencia de los animales en el potrero por un periodo determinado de tiempo, con tiempos de descanso posteriores al paso de los animales por ellos, permitiendo así que se reduzca la cantidad de larvas infectantes que puedan infectar a los animales. El tiempo recomendado que puede mantenerse los animales en el potrero es de 2 a 3

días y posteriormente un descanso de 30 días hasta volver a introducirse en el mismo lugar.

- Los hongos nematófagos han sido considerados otra estrategia para el control de los NGI debido a que son saprófitos y depredadores facultativos de este género. Dentro de los hongos nematófagos mas estudiados se encuentra *Duddingtonia flagrans*, el cual produce gran cantidad de clamidosporas que se incorporan a la dieta de los animales, las cuales al entrar en contacto con las larvas de NGI en el tracto digestivo comienzan a alimentarse de ellas y a capturarlas, reduciendo la población de larvas infectivas que se encuentran en lugar de pastoreo. Este método ha demostrado capturar al 80% de las larvas.

c) Eliminación de los NGI dentro del huésped (Selemon, 2018; Torres-Acosta *et al.*, 2019; Reyes-Guerrero *et al.*, 2021)

- El método tradicional para la eliminación de los NGI ha sido la aplicación de AH de las tres familias principales (BZ, LM, IM), los cuales han mostrado ser altamente efectivos cuando se utilizan de manera adecuada y racional, además de ser sencillos, de uso simple y accesibles en costo.
- En la actualidad se han estudiado diversos componentes obtenidos de plantas, los cuales han demostrado tener efecto contra los NGI, como por ejemplo los taninos condensados e hidrolizables y los flavonoides. Muchas de las plantas no solamente son utilizadas para la obtención de estos compuestos, sino que han sido consideradas una fuente de forraje para el consumo de los animales debido principalmente a su aporte de proteína; algunas de las especies que se han estudiado con estos fines en México son: *Leucaena leucocephala*, *A. farnesiana*, *Caesalpinia coriaria*, *Prosopis laevigata*.

3.5 Desparasitación selectiva dirigida

Una herramienta que ha comenzado a cobrar relevancia para el control de los NGI ha sido la DSD, usada principalmente para reducir el uso de los tratamientos AH en rumiantes, donde su objetivo es identificar a los animales que presentan cargas parasitarias altas y que requieren ser desparasitados para así prevenir

consecuencias negativas en la salud, bienestar o en la producción, mientras los demás animales se mantienen sin tratar. El interés principal de estos tratamientos es a) mantener un refugio de poblaciones parasitarias susceptibles dentro de la granja o rebaño y b) reducir los costos de tratamientos antiparasitarios, disminuyendo su uso, pero la dificultad reside en encontrar a los animales que no están haciendo frente al desafío con los parásitos (Charlier *et al.* 2014; Torres-Acosta *et al.* 2014; 2019).

El fundamento de esta herramienta se basa en el fenómeno *overdispersion*, o superdispersión en español, el cual se observa que, dentro de un rebaño, los NGL no están igualmente distribuidos entre los individuos, ya que existirá un número pequeño de animales con cargas parasitarias altas, mientras que la mayor proporción del rebaño presentará cargas parasitarias moderadas o bajas. De igual forma, en los animales con cargas parasitarias altas se observará la signología asociada a la parasitosis, ya que tenderán a repetir estas cargas constantemente; por lo que la cuestión reside en desparasitar únicamente aquellos animales que realmente lo requieren, lo cual fue postulado por varios autores como Sréter *et al.*, (1994) y Hoste *et al.* (2001).

Un punto crucial en este aspecto es el concepto de *Refugio Parasitario*, el cual hace referencia a mantener una población de parásitos adultos habitando dentro de los animales del rebaño sin recibir desparasitantes, con la finalidad de reducir la RA a través de la dilución de los alelos de resistencia de los genes de los NGL, conservando así la susceptibilidad a los AH; además el refugio se vuelve sumamente importante en regiones donde la sequía se extiende de 4 a 8 meses (como es el caso de la mayor parte de México), ya que los parásitos encontrados en vida libre (vegetación o heces) mueren debido a las condiciones de desecación u otros factores, por lo que los únicos parásitos sobrevivientes serán aquellos que se encuentran dentro de los animales, lo que significa que si se desparasitaran a todos los animales del rebaño se estaría ocasionando que los parásitos que sobrevivan sean aquellos resistentes a los desparasitantes (Torres-Acosta *et al.*, 2009)

3.6 Umbrales clínicos

En este punto surge el concepto de *umbral*, el cual es definido como “el valor mínimo de una magnitud a partir de la cual se produce un efecto determinado”, magnitud en la que tendríamos que basarnos para tomar la decisión de desparasitar o no hacerlo, es decir, determinar un límite, basado principalmente en la carga parasitaria. Para ello, se requiere del análisis de diversos parámetros fisiopatológicos que pueden darnos información que ayude a determinar este límite; por lo que se ha propuesto el “*Five point check*” para la evaluación de diversos parámetros como son: el grado de anemia mediante la carta FAMACHA©, la condición corporal con evaluación de la región lumbar, el grado de diarrea, la región nasal en búsqueda de secreción, y la presencia de edema submandibular (Bath y van Wyk, 2009).

Cambios en los parámetros evaluados determinarán si el animal se encuentra ante un proceso de parasitosis o de parasitiasis y ayudará en la toma de decisiones al momento de determinar si se desparasita o no.

Mediante la evaluación de algunos de estos parámetros, además de la carga parasitaria, donde se logró determinar un umbral de HPG, se han realizado esquemas de DSD para ovinos y caprinos en clima tropical, permitiendo que se reduzca la administración de AH en más del 70% de los animales (Torres-Acosta *et al.*, 2014; 2019; Desdémona-Martínez *et al.*, 2019).

3.7 El sistema FAMACHA©

Es un método que fue diseñado para ovinos en pastoreo, el cual tiene como finalidad lograr la detección de aquellos animales que no han podido hacer frente al desafío parasitario, principalmente con *H. contortus*, y el cual se basa en la determinación del grado de anemia que causa en los animales. El método tiene por nombre el acrónimo de su creador, el Dr. Faffa Malan Chart y relaciona las diferentes coloraciones de la mucosa conjuntival en ovejas durante el proceso de infección por *H. contortus* con el hematocrito (van Wyk y Bath, 2002).

Las primeras pruebas se hicieron en Sudáfrica, donde se utilizaron diversos procesos que fueron refinados poco a poco, y que permitieron llegar a la obtención de una práctica tarjeta que contiene las coloraciones de la mucosa conjuntival ovina

durante el proceso de la infección por *H. contortus*, desde un rojo intenso, pasando por tonalidades rosadas y hasta una coloración blanquecina; todo asociado a 5 rangos de hematocrito: categoría 1 (35%), categoría 2 (25%), categoría 3 (20%), categoría 4 (15%), categoría 5 (10%), donde los animales candidatos a ser desparasitados se encontrarán en las categorías 4 y 5 (ver Figura 1). Una vez que comenzó a aplicarse el método FAMACHA®, se observaron cambios significativos en el número de animales desparasitados, ya que únicamente se dio tratamiento al 30% del rebaño y, dentro de este porcentaje, un menor número de animales requirieron la repetición de las desparasitaciones, en contraste con manejos previos donde la desparasitación se realizaba en el rebaño completo y en ocasiones repitiéndose hasta 5 veces (van Wyk y Bath, 2002; Zárate-Rendón *et al.*, 2017).



Figura 1. Tarjeta FAMACHA® para la evaluación de la mucosa conjuntival de acuerdo a 5 categorías. (Foto de David Jiménez Paz)

Se considera que mediante el método FAMACHA® se puede comenzar la selección de animales en función a la resistencia hacia la parasitosis, ya que se han determinado heredabilidades moderadas y altas para esta característica (Salgado-Moreno *et al.*, 2017).

Se ha determinado que el uso del sistema FAMACHA® en caprinos tiende a ser un poco más complicado debido principalmente a la diferencia en la coloración de las mucosas en esta especie, aunque, cuando se incluyen las categorías 3, 4 y 5 como candidatos a la desparasitación, el proceso es mejorado en cuanto a sensibilidad.

Existen algunas problemáticas asociadas al sistema, como por ejemplo el hecho de que hay diversos factores que impactarán en el resultado de la prueba, como pueden ser enfermedades de tipo bacteriano, problemas nutricionales o hasta otras enfermedades parasitarias, como es el caso de *Fasciola hepática*, además, el método debe ser validado para la región donde se desee aplicar. Debe considerarse también que el método requiere de cierta capacitación por personal certificado en la prueba para que el proceso se lleva a cabo sin cometer errores que puedan propiciar malos manejos al momento de la selección de los animales candidatos a desparasitar. Aun así, los beneficios del sistema son grandes, reduciendo los costos por desparasitación, por disminución en el número y frecuencia de animales desparasitados y por tener la ventaja de su practicidad, donde la mayoría de personas pueden hacer uso de ella con cierta seguridad (van Wyk y Bath, 2002; Zárate *et al.*, 2017).

3.8 Condición corporal (CC)

Es una herramienta utilizada para determinar la condición o las reservas corporales de un animal vivo (Hernández-Valle, 2016; Gosh *et al.* 2019). Es un método que indica gran parte de su estado general, siendo un método sencillo que puede ser utilizado por cualquier persona una vez conociendo el procedimiento. También puede ser aplicado cotidianamente en las inspecciones de la salud animal para la detección de diversas problemáticas, incluidas las parasitosis por NGL. La CC puede proveer de una medición independiente del peso vivo del animal mediante la palpación de distintos puntos o regiones corporales del animal, pero principalmente en la zona lumbar, comenzando por las apófisis espinosas de las vértebras lumbares y siguiendo hacia las apófisis transversas, palpando la cobertura que presentan individualmente para la posterior palpación de la cobertura de musculo y grasa que se encuentra entre ellas; la palpación continua hacia la parte inferior de las apófisis transversas evaluando de igual forma la cobertura presente (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala y características para la evaluación de la CC en caprinos; (modificado de Pugh y Baird, 2012).

Escala	Características
1	Procesos espinales y costillas palpables, flancos sin cobertura grasa, poco o nada de músculo sobre los procesos transversos. Emaciación.
2	Los procesos espinales son palpables, las costillas presentan poca cobertura grasa pero el hueso es palpable, la mitad de los procesos transversos son palpables.
3	Los procesos espinales y costillas son apenas palpables al igual que los procesos transversos. Hay una delgada capa de grasa esternal. Se considera ideal en caprinos.
4	Los procesos espinales y transversos pueden palparse aunque con mayor dificultad debido a que existe mayor cobertura grasa, al igual que en costillas y esternón.
5	Los procesos espinales se encuentran bajo una gruesa capa de grasa y no son palpables, gran cobertura grasa en costillas y esternón.

La evaluación debe ser realizada por la misma persona y con la misma mano en todos los casos para evitar errores, donde se calificará de acuerdo a una escala que va de 1 a 5, siendo el numero 1 un animal con la menor cantidad de reservas corporales y el numero 5 un animal con exceso de reservas corporales (ver Figura 2). Esta palpación deberá realizarse avanzando en incrementos de 0.5 de punto en la escala de medición, siempre palpando al animal, ya que la simple observación del animal al asignar una calificación podrá ser causa de errores graves. El sistema tiene el beneficio de poder ser utilizado donde otros indicadores no son fiables, por ejemplo: cuando se cuenta con parásitos no hematófagos como *Trichostrongylus* (Gosh *et al.* 2019; van Wyk y Bath, 2002).

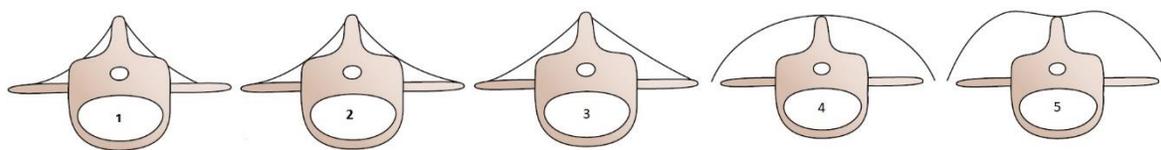


Figura 2. Escala condición corporal para ovinos y caprinos; (imagen tomada y modificada de Pugh y Baird, 2012).

3.9 Conteo de HPG

Existen diversos métodos para la determinación de la carga parasitaria, sin embargo, el más comúnmente utilizado es el de HPG, el cual permite conocer la cantidad de huevos de NGI presentes en una cantidad conocida de heces. Este

procedimiento no determina exactamente la cantidad de parásitos presentes, pero brinda un acercamiento más preciso al número de parásitos alojados dentro de los individuos, además, se considera un método sencillo, barato y útil en la práctica debido a que puede complementarse con otros métodos de diagnóstico parasitológico. La determinación de HPG se realiza principalmente mediante la técnica de McMaster, la cual es una técnica rápida y sencilla basada en el principio de flotación de los huevos de NGI al ser expuestos a una solución de solución salina saturada y el conteo de los mismos con ayuda de una cámara cuadrículada específicamente para este fin (Capello *et al.*, 2020)

Con este procedimiento puede conocerse aquellos animales con la mayor cantidad de parásitos internos, ya que se sabe que los animales con mayores cargas parasitarias son aquellos que presentan de igual forma la mayor cantidad de parásitos interno (Torres-Acosta *et al.*, 2019)

La problemática reside en que puede llegar a ser poco práctico en grupos grandes de animales, invirtiendo un tiempo considerable para realizar el manejo de las muestras, mientras que otro de los factores limitantes ante la toma de decisiones es que mediante este método no se conocen los límites de HPG que puedan indicar la necesidad de desparasitar, sin embargo, su uso sigue vigente y se ha utilizado para la toma de decisiones cuando se requiere la aplicación del control parasitario, incluyéndolo en pruebas como el *FECRT* para la determinación de la RAH (Capello *et al.*, 2020).

3.10 Peso corporal

Es un método necesario en muchas producciones, donde ayuda a la estimación del consumo de alimentos, la determinación de la ganancia de peso, la dosificación de medicamentos y hasta la realización de transacciones comerciales; Se basa en el cambio del peso vivo de los animales en periodos de corta duración, y que funciona principalmente como indicador para la desparasitación de animales en crecimiento y en zonas donde existe una mayor población de parásitos no hematófagos como *Trichostrongylus* sp. o *T. circumcincta*. Es de gran relevancia debido a que se asocia un crecimiento lento con una infestación parasitaria, por lo que aquellos animales

que no se encuentren con condiciones adecuadas y conocidas en relación la ganancia de peso deberán ser desparasitados. (Bedotti *et al.*, 2018; Charlier *et al.*, 2014).

El peso corporal presenta la desventaja de no reflejar la masa corporal exacta de los animales, la cual puede verse afectada por diversos factores como son la preñez de los animales, el número de fetos, el contenido digestivo al momento del pesaje y hasta el tipo de báscula con el que se realice la medición, además, a pesar de ser un método barato y sencillo, tiene la dificultad de ser aplicado en condiciones donde la nutrición y los parásitos tienen efectos similares sobre la reducción de la ganancia de peso o cuando las condiciones de la nutrición son más graves que el efecto de la parasitosis, como ocurre en la temporada de sequía (Torres-Acosta *et al.*, 2009; Hernández-Valle, 2016).

La evaluación de los diferentes indicadores fisiopatológicos, principalmente la relacionada con la cantidad de HPG, brinda información importante a cerca de los límites o umbrales clínicos, que permite adaptar o modificar las prácticas de manejo tradicionales de control de NGI en beneficio de las producciones caprinas.

4- JUSTIFICACIÓN

La información actual a cerca del control de los NGI en caprinos a través de métodos que incluyan el MIP, es aún escasa en México, pero ha demostrado ser una opción importante para las producciones, especialmente las caprinas, donde la problemática de la RAH ha propiciado la búsqueda de nuevas alternativas que mejoren esta condición.

En la ciudad de México, existe poca o nula información acerca de criterios objetivos de desparasitación que involucren el MIP en las producciones caprinas que aún persisten en la región, por lo que surge la necesidad de desarrollar una metodología que considere las condiciones ecológicas de la zona y puedan cambiarse las prácticas tradicionales de control de NGI que fomentan la RAH.

La estrategia de control planteada requiere de un complejo, pero necesario análisis de los datos recabados a través de indicadores como el método FAMACHA®, la

evaluación de la CC, la variación en el peso corporal de los animales y el conteo de HPG, los cuales ayudarán a determinar los umbrales clínicos, con la finalidad de tener criterios válidos que ayuden en la toma de decisiones en la producción caprina.

5- HIPÓTESIS

La determinación de umbrales clínicos a través del análisis de indicadores fisiopatológicos del rebaño caprino ubicado en Milpa Alta, permitirá el desarrollo de un esquema de DSD acorde a las condiciones ecológicas de la zona, contribuyendo a reducir la cantidad de animales desparasitados y retardando la RAH.

6- OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Determinar los umbrales óptimos para diseñar un esquema DSD para la producción caprina, a través del sistema FAMACHA®, evaluación de la CC, el conteo de HPG y el peso corporal, con respecto a la época del año en la zona ecológica de Milpa Alta.

6.2 Objetivos específicos

- a)** Identificar prácticas, problemáticas y factores de riesgo a través de una encuesta dirigida al productor para planear estrategias de manejo en el rebaño caprino
- b)** Determinar la RAH para conocer la eficacia de los AH utilizados en la producción mediante la prueba FECRT.
- c)** Identificar las especies de NGI presentes para conocer la epidemiología de los mismos en el rebaño caprino y la zona ecológica mediante la realización de cultivos larvarios.
- d)** Clasificar la época del año para el diseño de un esquema de DSD, mediante el registro mensual de datos meteorológicos (temperatura y precipitación pluvial) obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional.
- e)** Determinar los umbrales clínicos óptimos a través de la evaluación de HPG, CC y FAMACHA® en los caprinos del rebaño en Milpa Alta para diseñar un esquema de DSD.

- f) Evaluar la alimentación del rebaño caprino para conocer la disponibilidad de materia seca en el área de pastoreo mediante el método del cuadrante y la estimación del aporte proteico y energético en los complementos ofrecidos.
- g) Diseñar un esquema de Desparasitación Selectiva Dirigida adecuado a cada época del año, para contribuir a determinar los criterios y toma de decisiones sobre la actividad de desparasitación sobre el rebaño caprino de Milpa Alta a través de la determinación de los umbrales clínicos.

7- MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Localización

El rebaño caprino se ubicó en la delegación Milpa Alta, en el kilómetro 113 de la carretera nueva a Oaxtepec, Camino viejo a la mina S/N, Nushtla, San Pedro Atocpan, al sur de la Ciudad de México, a una altura de 2420 metros sobre el nivel del mar. El clima de la zona es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw), se presentan temperaturas promedio de 14°C en zonas bajas y 8°C en las zonas más altas, con una humedad que va del 13 al 19% y precipitación pluvial anual de 800 a 1200 mm, el régimen de tierra es comunal y la mayor proporción es utilizada para la agricultura y el pastoreo (Coria, 2016; INEGI, 2017)

7.2 Datos climatológicos de la zona ecológica

Los datos promedio de precipitación pluvial (mm) y temperatura (°C) de cada mes en el periodo Agosto 2020 a Agosto 2021 fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional.

7.3 Animales

El estudio se realizó en un rebaño caprino de 71 animales con cruce de las razas Alpina Francesa, Saanen, Toggenburg y Anglonubia, presentando edades desde los 5 meses hasta los 6 años, los cuales se clasificaron en: desarrollo, hembras vacías, hembras en producción y sementales. Los caprinos eran mantenidos en pastoreo a pie de carretera y en áreas comunales, con complementación en corral.

A todos los animales se les realizó la evaluación FAMACHA®, evaluación de la CC, pesaje corporal y valor de HPG de manera quincenal durante el periodo de Agosto del 2020 a Agosto del 2021.

7.4 Encuesta dirigida al productor

Se realizó una encuesta oral al productor junto con observación participante al comienzo del periodo de muestreo donde se recabaron los datos más relevantes involucrados en la producción caprina. La encuesta se basó en la estructura realizada por Cuellar et al. (2012), elaborando los siguientes rubros:

- Características de los animales
- Instalaciones y recursos
- Función zootécnica y comercialización
- Alimentación y agricultura
- Reproducción
- Medicina preventiva
- Asistencia técnica y capacitación
- Datos demográficos del productor
- Problemáticas observadas

7.5 Prueba FECRT

Se realizó la prueba FECRT de acuerdo al método sugerido por Rodríguez-Vivas (2015), donde se seleccionaron 40 caprinos para la formación de los grupos, teniendo como criterio principal aquellos animales con valores >150 HPG y sin tratamientos previos por al menos 60 días. Se formaron cuatro grupos de 10 animales: fenbendazol, ivermectina, levamisol y el grupo control. Los datos fueron analizados mediante el programa Microsoft Excel® RESO.exe®.

Esta hoja de cálculo fue creada originalmente por Angus Cameron, AusVet Animal Health Services para la Universidad de Sydney. Sus cálculos se basan en los del programa de análisis FECRT 'Reso' (Versión 2.0 revisada 17-07-90) por Leo Wursthorn y Paul Martin de CSIRO, Animal Health Research Laboratory, PARKVILLE, 3052. Los cálculos se basan en los publicados en 'Resistencia a los antihelmínticos': Informe del Grupo de Trabajo del Comité de Sanidad Animal del

SCA. CSIRO, 1989. Esta versión ha sido ligeramente modificada por Leo Le Jambre de CSIRO.

La interpretación de resultados se realizó mediante la fórmula recomendada por la WAAVP (Wood et al., 1995):

Porcentaje de reducción: mediante la media aritmética de los grupos

$$\%R = 100 (1 - \bar{X}_T / \bar{X}_C)$$

\bar{X}_T = Promedio de HPG del grupo tratado (post tratamiento)

\bar{X}_C = Promedio de HPG del grupo control no tratado (post tratamiento)

Intervalo de confianza del 95%: mediante la media aritmética de cada grupo

$$\text{Superior: } 100 \left[1 - \frac{\bar{x}_T}{\bar{x}_C} \exp(-2.048\sqrt{y^2}) \right]$$

$$\text{Inferior: } 100 \left[1 - \bar{x}_T / \bar{x}_C \exp(+2.048\sqrt{y^2}) \right]$$

Los cálculos fueron realizados desde hojas de cálculo en la computadora.

Los criterios para realizar la interpretación de los resultados fueron:

Resistente: Porcentaje de reducción del conteo de huevos es menor al 95% y el límite inferior del intervalo de confianza 95% es menor de 90%.

Sospechoso: Solo uno de los dos criterios anteriores se cumple.

Susceptible: El porcentaje de reducción en el conteo de huevos es igual o mayor de 95% y el límite inferior del intervalo de confianza 95% es igual o mayor de 90%.

7.6 Determinación de la carga parasitaria

Previo al comienzo de los muestreos se realizó la identificación de los animales mediante un cordel o piola y una rondana marcada con un número. Se tomaron muestras quincenales de heces de cada uno de los caprinos, colectadas directamente del recto mediante bolsas de polietileno lubricadas con agua, las cuales fueron conservadas en una hielera a temperatura aproximada de 4°C y se llevaron al laboratorio en un tiempo menor a las 24 horas. El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Investigación en Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. La cantidad de HPG fue

determinada mediante la técnica modificada de McMaster (Rodríguez-Vivas, 2015) con una sensibilidad de 50 huevos por un gramo de heces, colocando 2 gramos de heces en 28 ml de solución salina saturada.

Los datos de HPG, además de los datos de CC, peso corporal y FAMACHA© fueron capturados mediante hojas de cálculo en línea, donde se clasificaron para facilitar la tarea de análisis y organización. Dichas hojas de cálculo fueron llenadas también con los datos de fecha de nacimiento, sexo e identificación de cada uno de los animales para contar con un registro más preciso de los mismos (ver Figura 3).

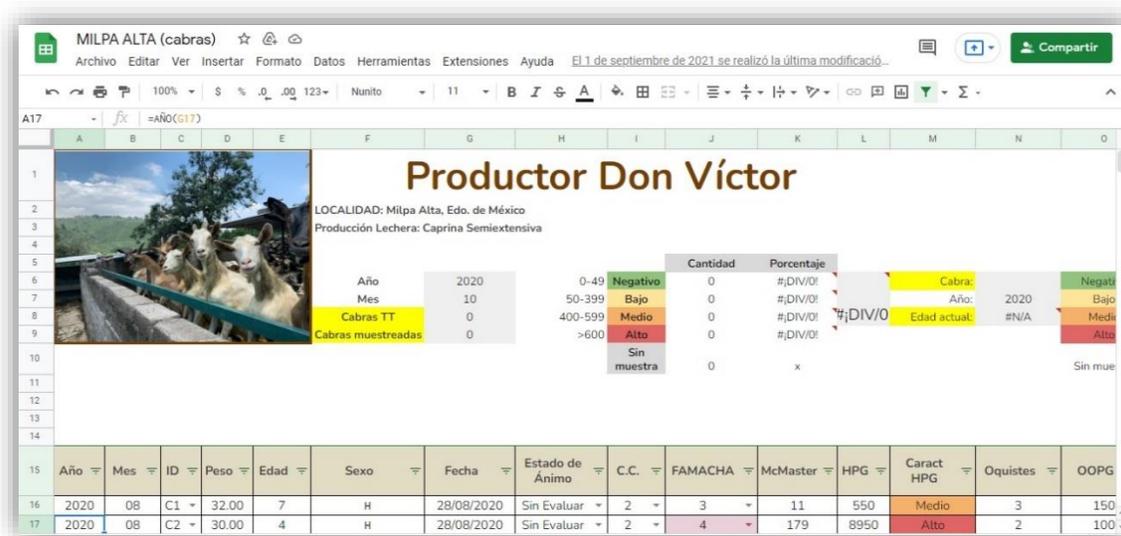


Figura 3. Hoja de cálculo usada para el llenado, clasificación y análisis de datos obtenidos de cada muestreo.

7.7 Cultivos larvarios de NGI

Posteriormente a la determinación del número de HPG, las heces con las cargas parasitarias más elevadas eran seleccionadas y mezcladas para la realización de cultivos larvarios mediante la técnica de Corticelli y Lai descrita por Niec (1968), permaneciendo 12 días en incubación para posteriormente coleccionar las L3 que serían identificadas (ver Figura 4). Su identificación fue realizada mediante morfometría con ayuda del microscopio y donde se utilizó lugol para su inmovilización, siguiendo las claves de identificación morfométrica de van Wyk et al. (2004).



Figura 4. Cultivo larvario realizado por el método de Corticelli y Lai (modificado). (Foto de David Jiménez Paz)

7.8 Evaluación del método FAMACHA®

Se realizó la comparación de las conjuntivas oculares de todos los animales del rebaño de manera quincenal con la tarjeta FAMACHA®, siguiendo las especificaciones hechas por van Wyk y Bath (2002), para evitar errores al momento de la aplicación de la prueba. El procedimiento fue realizado por la misma persona en cada uno de los muestreos, la cual fue capacitada previamente para la realización de la prueba (ver Figura 5).



Figura 5. Evaluación de un caprino por el método FAMACHA® (Foto de David Jiménez Paz)

7.9 Evaluación de la condición corporal

Se realizó la evaluación quincenal de la condición corporal en todos los caprinos del rebaño, palpando la región lumbar y siguiendo las especificaciones de Gosh et al.

(2019), clasificando a los animales en una escala de 1 a 5; todas las evaluaciones fueron realizadas por la misma persona en cada muestreo.

7.10 Evaluación del peso corporal

Se realizó el pesaje de todos los animales cada 15 días aproximadamente con ayuda de una báscula colgante digital con exactitud de ± 0.5 kg y un lazo en forma de arnés para posteriormente registrar los pesos de cada uno de ellos (ver Figura 6).



Figura 6. Pesaje de caprinos con báscula colgante y arnés. (Foto de David Jiménez Paz)

7.11 Análisis de datos

Los valores de HPG, CC, FAMACHA© y peso corporal se evaluaron mediante análisis descriptivo de acuerdo a lo recomendado por Sréter et al. (1994) y Hoste et al. (2001). Se obtuvieron los coeficientes de correlación no paramétrica de Spearman y Pearson para evaluar la correlación entre HPG, peso corporal, CC y FAMACHA©. Los efectos significativos fueron declarados a $p < 0.05$ utilizando el paquete estadístico SPSS®. Se realizó un análisis de riesgo para las variables FAMACHA® (valores 3, 4 y 5) y HPG, así como para la CC (valores 1 y 2) y HPG mediante la plataforma en línea *Working in Epidemiology* (WinEpi) (<http://www.winepi.net/>), donde fueron evaluadas de acuerdo a las épocas determinadas como sequía y lluvias a un nivel de confianza al 95%.

Para el caso de FAMACHA© se realizó además la prueba de χ^2 para determinar la asociación entre la época de sequía y lluvias y poder asociar el fenómeno de la haemoncosis.

7.12 Evaluación de la alimentación

Se realizó la determinación del contenido de materia seca mediante el uso de un horno de gas, así como la determinación de la cantidad de forraje disponible mediante el método del cuadrante, según lo recomendado por Teuber et al. (2007), para la evaluación de uno de los lugares de pastoreo de los caprinos, realizándose una evaluación por cada mes, en los meses de Julio, Agosto y Noviembre (ver Figura 7).



Figura 7. Cuadrante para muestreo; muestras de forraje en horno y báscula para determinación de materia seca. (Fotos de David Jiménez Paz)

Se calculó la capacidad de carga animal (CCA) para una de las principales áreas de pastoreo de los caprinos, utilizando los datos obtenidos de la determinación de kilogramos de materia seca por hectárea (Kg MS/ha) y siguiendo la fórmula recomendada por Borrón-Contreras (2015):

$\text{KgMS/ha} \times \text{número de ha totales} = \text{número de ton MS}$

$\text{ton MS} \times \text{porcentaje de intensidad de pastoreo/consumo (70\%)} = \text{ton MS}$

$\text{Consumo (3\% del peso vivo)} \times \text{permanencia en el potrero (365 días)} = \text{Kg MS/año}$

$\text{ton MS} \div \text{MS/año} = \text{CCA (número de cabezas caprinas/ año)}$

Se determinaron los ingredientes ofrecidos como complemento a la dieta principal y mediante una búsqueda bibliográfica se estimó el contenido de proteína cruda (PC), y energía metabolizable (EM), excepto para el concentrado comercial, el cual contaba con el contenido energético y proteico en la etiqueta.

De acuerdo al promedio de pesos corporales obtenidos por etapa productiva, se determinaron las necesidades nutricionales de los caprinos a través de la revisión de las tablas del NRC (2007), y se compararon con los datos obtenidos del área de pastoreo, así como de los ingredientes ofrecidos como complemento de la dieta.

8- RESULTADOS

8.1 Encuesta al productor

Los datos obtenidos de la encuesta dirigida al productor fueron obtenidos de manera oral al cuestionar directamente sobre los diversos rubros establecidos previamente, los cuales se refieren en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Datos obtenidos de la encuesta realizada al productor de acuerdo al rubro determinado.

Rubro	Datos obtenidos
Características de los animales	<p>No. Animales: 71 animales totales: 28 hembras en producción, 13 hembras vacías, 8 crías y 2 sementales.</p> <p>Edades: 5 meses a 6 años.</p> <p>Razas: Cruzas de Alpina Francesa, Saanen, Toggenburg y Anglonubia.</p> <p>Identificación: Ninguna</p>
Instalaciones y recursos	<p>Terreno de la producción: 700 m²</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso para cultivo de nopal: 550 m² - Uso para corrales: 100 m² - Uso para bodega u otros manejos: 50 m² <p>Terreno de siembra: 5000 m²</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso completo para producción de avena o maíz. <p>Muros y pisos: Cemento, tabique y piedra</p> <p>Techos: Lámina galvanizada y tubos de acero</p> <p>Comederos: Madera, cemento, tabique y tubos de acero.</p> <p>Bebederos: Plástico (Botes 19L)</p>
Función zootécnica y comercialización	<p>Establecimiento: Hace más de 30 años para la producción de leche, quesos y dulces tradicionales (menor proporción)</p> <p>Cantidad de leche producida: De 15 hasta 40 o más litros por día</p> <p>Venta de animales: Rastros y vecinos (en grupos o individuales)</p> <p>Venta de estiércol como fertilizante natural</p>

	Comercialización de productos: Nivel local
Alimentación y agricultura	<p>Pastoreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A pie de carretera con pradera natural (mínimo 4 h) - Compartido con otros rebaños de rumiantes <p>Complementación en corral:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concentrado comercial - Cáscara de naranja - Rastrojo de maíz o avena - Subproducto de tortillería o panadería - Bloque de sales minerales comerciales <p>Frecuencia y cantidad ofrecida de la complementación: 1 bulto de 20 Kg por cada 71 animales (281 g/caprino) (Dependiendo de la disponibilidad del ingrediente podría ser uno u otro)</p> <p>Cultivos para consumo humano: Nopal</p>
Reproducción	<p>Sementales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocación de mandil a comienzo de época reproductiva (a criterio del productor) - Compra de reemplazos local o en CEPIPSA - Reemplazo en 2 años <p>Hembras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Partos desde Noviembre hasta Marzo
Medicina preventiva y enfermedades observadas	<p>Desparasitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rebaño completo, 1 o dos veces por año (Abril y/o Julio/Agosto), con closantel (durante 5 años previos) - Vía oral a dosis recomendada por el fabricante. <p>Vitaminas (Complejo B, A, D y E):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todo el rebaño 1 o dos veces por año (a criterio del productor). - Inyectables, a dosis recomendada por el fabricante. <p>Limpieza de corrales: Diaria o cada tercer día.</p> <p>Limpieza de comederos: Previa al suministro de ingredientes.</p> <p>Limpieza de bebederos: Diaria o cada tercer día.</p> <p>Enfermedades previas diagnosticadas (por MVZ) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ectima - Coccidiosis - Queratoconjuntivitis
Asistencia técnica y capacitación	<p>MVZ local: Último año para diagnóstico y tratamiento de coccidiosis.</p> <p>MVZ y estudiantes: Desparasitaciones, descornado, despezuñado, toma de muestras sanguíneas y de heces.</p> <p>Asociaciones ganaderas locales: Actualmente no inscrito</p>
Datos demográficos del productor	<p>Edad: 43 años</p> <p>Estado civil: Casado</p> <p>Hijos: 2</p> <p>Escolaridad: Bachillerato</p> <p>Principal fuente de ingresos: Producción caprina</p> <p>Ingresos secundarios: Venta de nopal y mole</p>

Problemáticas observadas	<ul style="list-style-type: none"> - Sin registros de ningún tipo - Deficiencias en instalaciones (corrales inundados durante lluvias) - Sin lotificación y complementación por etapa productiva - Falta de higiene en comederos (contaminados con heces) - Dosificación de fármacos sin pesaje previo - Marcada escases de alimento en épocas de sequía
---------------------------------	--

De acuerdo a la encuesta realizada, las prácticas relacionadas al control parasitario generaron la sospecha de que la producción podría presentar problemas con cepas de NGI con RAH, por lo que se determinó realizar la prueba FECRT.

8.2 Prueba FECRT

De acuerdo a los resultados obtenidos, el fármaco con mayor efectividad fue levamisol, mientras que ivermectina y fenbendazol mostraron menor efectividad. Se determinaron los géneros con resistencia o susceptibilidad a los antihelmínticos utilizados, donde se observó que los géneros *Cooperia* sp y *Oesophagostomum* sp fueron resistentes a la molécula de fenbendazol, mientras que los géneros *T. colubriformis* y *H. contortus* fueron susceptibles a la misma. Para el caso de ivermectina, los géneros resistentes fueron: *Cooperia* sp, *T. colubriformis*, *H. contortus* y susceptible el género *Oesophagostomum* sp (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Eficacia de AH evaluados de acuerdo al género parasitario.

Género de nematodo	Fenbendazol 10%	Levamisol 12%	Ivermectina 1%
Todos	32%	100%	93%
<i>Cooperia</i> sp	77%	100%	94%
<i>T. colubriformis</i>	99%	100%	79%
<i>H. contortus</i>	100%	100%	67%
<i>Oesophagostomum</i> sp	91%	100%	100%

Rojo: resistencia, Verde: susceptible.

8.3 Cultivos larvarios

Durante el periodo de estudio se identificó un total de 1100 larvas infectantes, las cuales se clasificaron de acuerdo al género, determinando el porcentaje para cada uno de ellos, encontrando predominantemente a *T. colubriformis* (ver Figura 8).

De igual forma, se determinó el porcentaje mensual géneros de NGI y se comparó con los datos de precipitación pluvial, donde puede observarse que *T. colubriformis* predomina en los meses de Septiembre, Diciembre, Febrero, Marzo y Agosto, con los mayores porcentajes en Febrero y Agosto, mientras que *Cooperia* sp se presenta en Octubre, Noviembre y Abril. Para el caso de *H. contortus*, se observa un mayor porcentaje en los meses de Junio y Julio, coincidiendo con el mayor promedio en la precipitación pluvial, y *Oesophagostomum* sp, predomina únicamente en el mes de Mayo (ver Figuras 9 y 10).

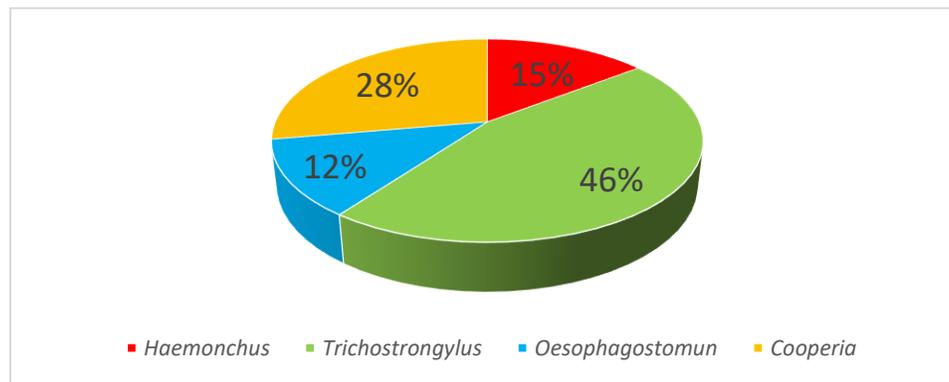


Figura 8. Porcentaje de L3 para cada género de NGI identificado en el periodo 2020-2021.

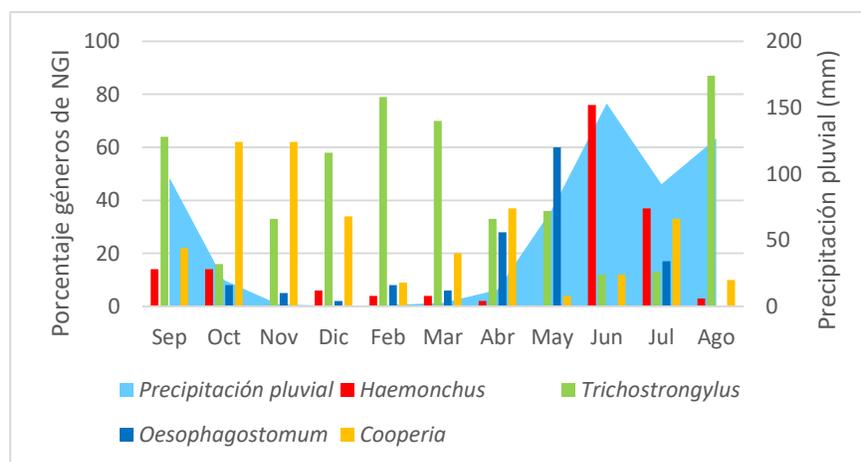


Figura 9. L3 identificadas por mes de acuerdo al género parasitario y precipitación pluvial en el periodo 2020-2021.



Figura 10. Géneros larvarios identificados mediante evaluación morfométrica; A) *Cooperia* sp, B) *H. contortus*, C) *Oesophagostomum* sp, D) *T. colubriformis*. (Fotografías de David Jiménez Paz).

8.4 Determinación de la carga parasitaria y climatología

8.4.1 Caracterización de HPG por época

A través de los datos obtenidos mediante los muestreos quincenales de HPG y la información del Sistema Meteorológico Nacional se pudieron caracterizar dos épocas principales:

- a) **Época de lluvias:** para este trabajo se consideraron los meses de Mayo a Octubre, los cuales presentaron una precipitación promedio de 58.5 mm y una temperatura promedio de 16.4°C, donde la distribución de HPG va de 0 a 25250, con un promedio de 2066 HPG.
- b) **Época de sequía:** para este trabajo se consideraron los meses de Noviembre a Abril con una precipitación promedio de 3.78 mm y una temperatura promedio de 14.4°C, donde la distribución de HPG va de 0 a 11600, con un promedio de 1642 HPG.

Se determinó la distribución anual de HPG y su interacción con la precipitación pluvial del periodo evaluado, destacando que el mayor promedio de precipitación pluvial coincide con el mayor promedio en la distribución de HPG, mientras que, durante los meses con menor precipitación pluvial, pueden observarse los menores valores de HPG (ver Figura 11).

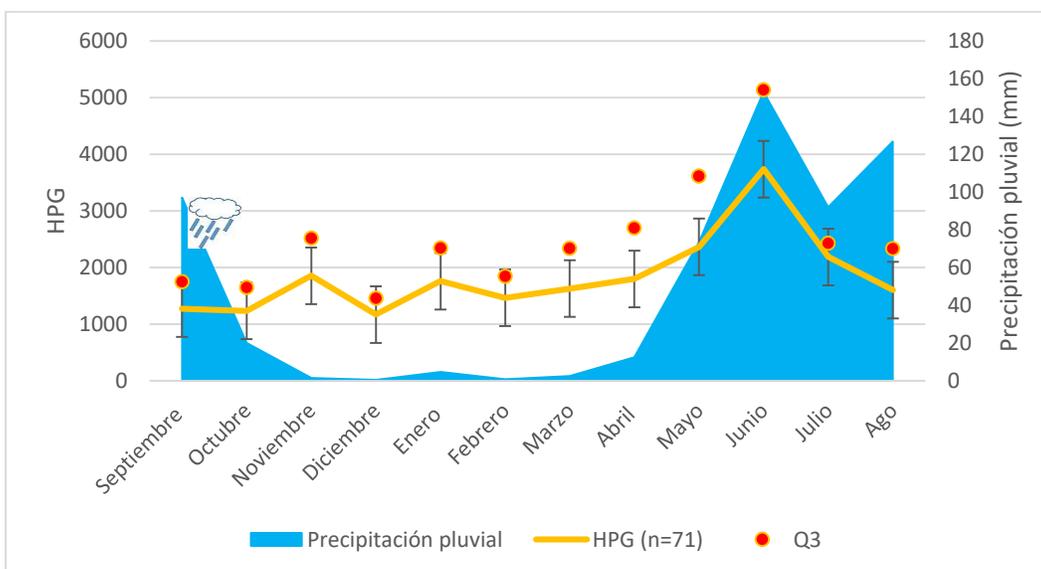


Figura 11. Distribución anual de HPG con respecto a la precipitación pluvial de la zona ecológica en el periodo 2020-2021. Cálculo del tercer cuartil (Q3) simulando el fenómeno de la superdispersión.

Además, de acuerdo al fenómeno de la superdispersión, pudo determinarse el valor del tercer cuartil para la época de lluvias y la época de sequía, obteniendo valores de 2822 y 2205 HPG respectivamente.

8.4.2 Caracterización de los animales de acuerdo a la eliminación de HPG

Con los valores obtenidos de los cuartiles, se estimaron los rangos de eliminación y se establecieron los rangos reales considerando la sensibilidad de la prueba (50 HPG) y el criterio del MVZ en campo apropiado a las condiciones. Estos rangos permitieron caracterizar a los animales de acuerdo al grado de eliminación de HPG para la época de lluvias y de sequía, como se puede observar en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Caracterización de acuerdo a los rangos de eliminación de HPG con respecto a la época de lluvias y época de sequía en la zona ecológica en el periodo 2020-2021

Caracterización por eliminación	Rangos estimados en época de lluvias	Rangos reales establecidos época de lluvias	Rangos estimados en época de sequía	Rangos reales establecidos época de sequía
Bajos eliminadores	0 - 450	0 - 950 HPG	0 - 550	0 - 950 HPG
Moderados eliminadores	451 - 1200	1000 - 2500 HPG	551 - 1225	1000 - 1950 HPG
Altos eliminadores	1201 - 2550	≥ 2550 HPG	1226 - 2200	≥ 2000 HPG

El valor 0 no necesariamente indica la ausencia de NGI, sino que puede deberse a la sensibilidad de la prueba (50 HPG)

8.4.3 Caracterización de acuerdo a la etapa productiva

Se clasificó la distribución anual de HPG de acuerdo a la etapa productiva, donde pudo observarse que el grupo de sementales y hembras en producción presentaron los mayores promedios de HPG en los meses de Julio y Junio respectivamente; el grupo de sementales y hembras en mantenimiento presentaron un aumento considerable en el promedio de HPG en el mes de Noviembre, mientras que el grupo de caprinos en desarrollo presentó un aumento similar en Enero (ver Figura 12).

A través del análisis de las distribuciones de HPG se categorizó por etapa productiva, donde la mayor **susceptibilidad a los NGI** se encontró en la etapa de las productoras, que fueron aquellas con mayor riesgo a presentar parasitosis. Mientras que los sementales por sus características y el grado de eliminación, fueron categorizados como **resilientes a los NGI**. También podemos encontrar algunas productoras que se comportan como animales resilientes. El resto de los animales, representado por las etapas de desarrollo y mantenimiento que presentaron cargas de bajas a moderadas se caracterizaron como **resistentes a los NGI**. La categoría del **refugio parasitario** la comprenden las etapas de los sementales y los bajos a moderados eliminadores. Para mayor claridad ver el Cuadro 6.

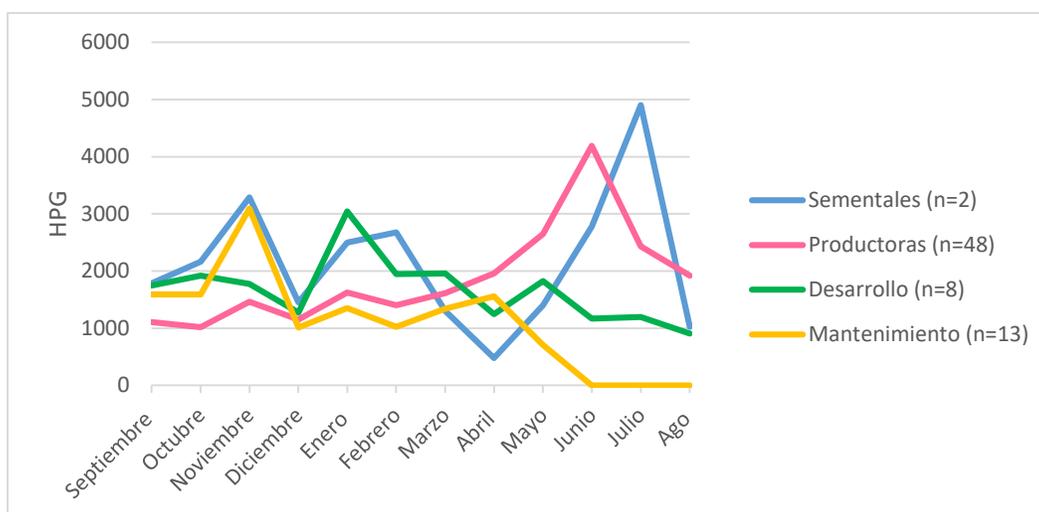


Figura 12. Distribución anual de HPG por etapa productiva el periodo 2020-2021.

Cuadro 6. Categorización de las etapas productivas de acuerdo a la eliminación de HPG y al riesgo de presentación de parasitosis.

Categoría	Etapas productivas
Susceptible	Susceptibles: Productoras
	Resilientes: Sementales y productoras
Resistente	Desarrollo y mantenimiento
Refugio	Sementales, desarrollo y mantenimiento

8.4.4 Caracterización de ooquistes por gramo de heces (OPG)

Se determinó la cantidad de ooquistes por gramo para cada uno de los muestreos, obteniendo su distribución durante el periodo de estudio y su interacción con la precipitación pluvial, además, pudo observarse que el mayor promedio de OPG se presentó en el mes de Enero, a mitad de la época determinada de sequía, mientras que se observa una elevación menor en el número de OPG en el mes de Julio, a mitad de la época determinada como de lluvia (ver Figura 13).

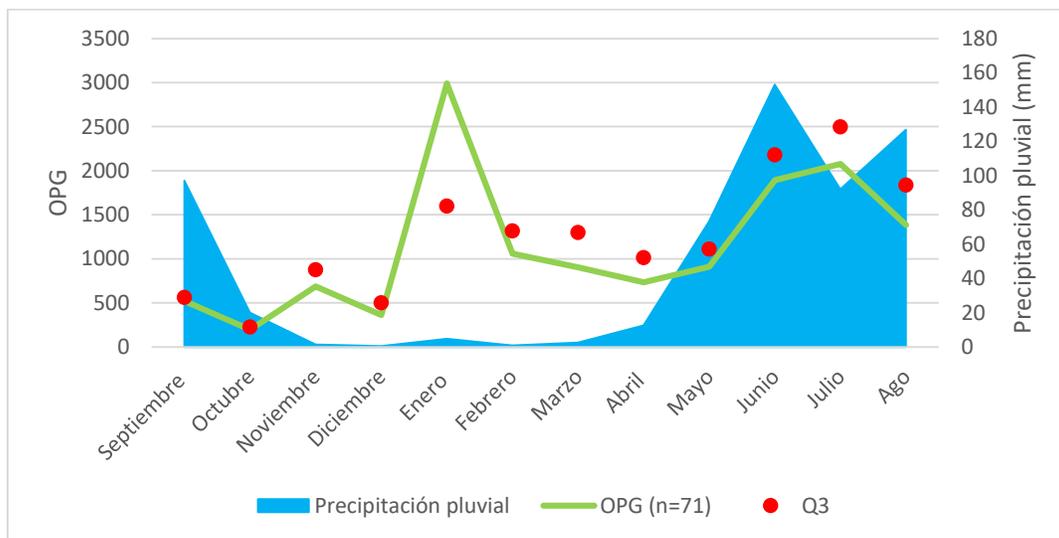


Figura 13. Distribución anual de OPG con respecto a la precipitación pluvial de la zona ecológica en el periodo 2020-2021. Cálculo del tercer cuartil (Q3) simulando el fenómeno de la superdispersión.

Al igual que con el conteo de HPG y bajo los mismos promedios para la temperatura y la precipitación, se determinaron los valores promedio de OPG para la época de lluvias y de sequía, obteniendo 993 y 1000 OPG respectivamente.

Con respecto al fenómeno de superdispersión, los valores para el tercer cuartil fueron 1403 OPG para la época de lluvias y 1101 OPG para la temporada de sequía.

8.5 Evaluación de FAMACHA©

A través de la distribución anual de los valores obtenidos al aplicar el método FAMACHA© pudo determinarse el mayor y el menor promedio, correspondiendo a los meses de Septiembre y Julio respectivamente (ver Figura 14).

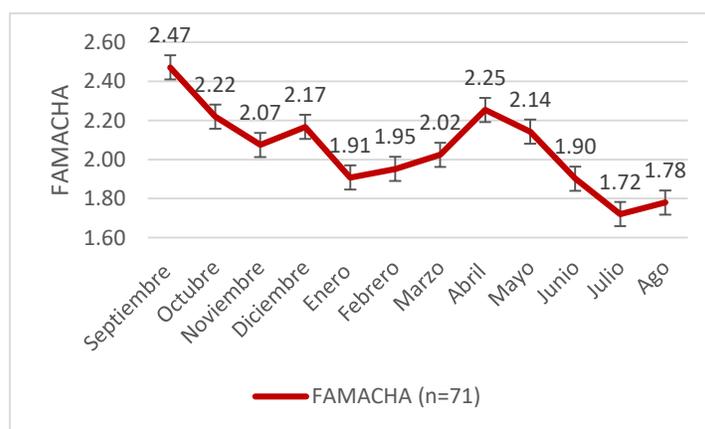


Figura 14. Distribución anual del valor de FAMACHA© en el periodo 2020-2021.

8.6 Evaluación de la CC

La evaluación de los datos permitió obtener 2.1 como calificación promedio anual en la escala de CC, indicando que a lo largo del año se mantienen valores bajos de CC en los caprinos.

Los valores obtenidos de la distribución anual para la evaluación de la CC permitieron determinar que el mes de Septiembre presentó el promedio más alto, mientras que el promedio más bajo fue registrado en el mes de Abril (ver Figura 15).

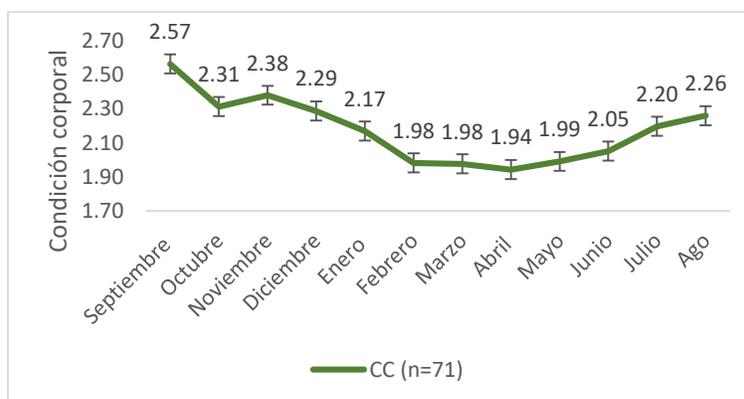


Figura 15. Distribución anual de la evaluación de la condición corporal en el periodo 2020-2021.

8.7 Evaluación del peso corporal

De acuerdo a la distribución anual de peso corporal, se determinó a Diciembre con el mayor valor promedio, mientras que el mes de Junio presentó el menor (ver Figura 16).

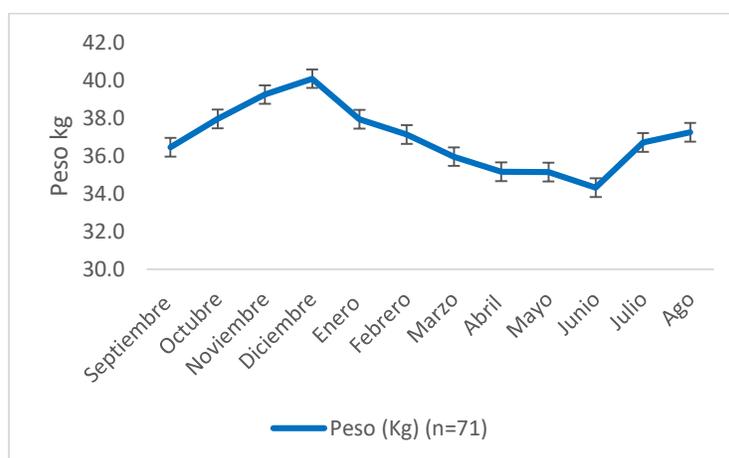


Figura 16. Distribución anual de peso corporal en el periodo 2020-2021

8.8 Correlación de variables y análisis de riesgo

Al analizar los datos de peso, HPG, FAMACHA© y CC, se encontró que la correlación entre peso y HPG para ambas épocas no fue significativa ($p > 0.05$) (ver figura 17). Para FAMACHA© y HPG la asociación fue muy significativa ($p < 0.01$) para la época de lluvias y significativa para la época de sequía ($p < 0.05$) (ver figura 18), mientras que para la CC y HPG la asociación fue muy significativa para ambas épocas ($p < 0.01$) (ver figura 19). En la determinación de la correlación para CC y

FAMACHA© ambas épocas presentaron asociación muy significativa ($p < 0.01$), como se observa en la Figura 20.

Para el caso de χ^2 el análisis mostró que no existía diferencia significativa entre los valores de FAMACHA© para la época de lluvias y de sequía.

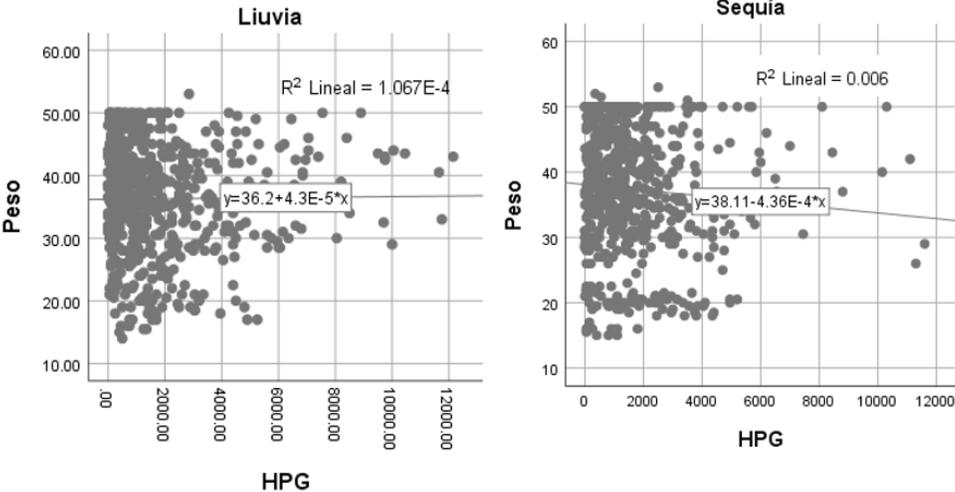


Figura 17. Correlación entre peso y HPG para las épocas de lluvia y sequía.

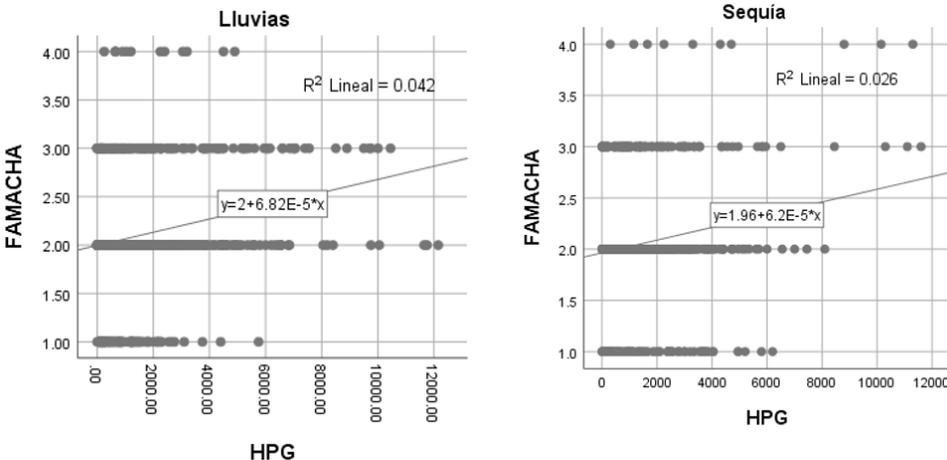


Figura 18. Correlación entre FAMACHA© y HPG para las épocas de lluvia y sequía.

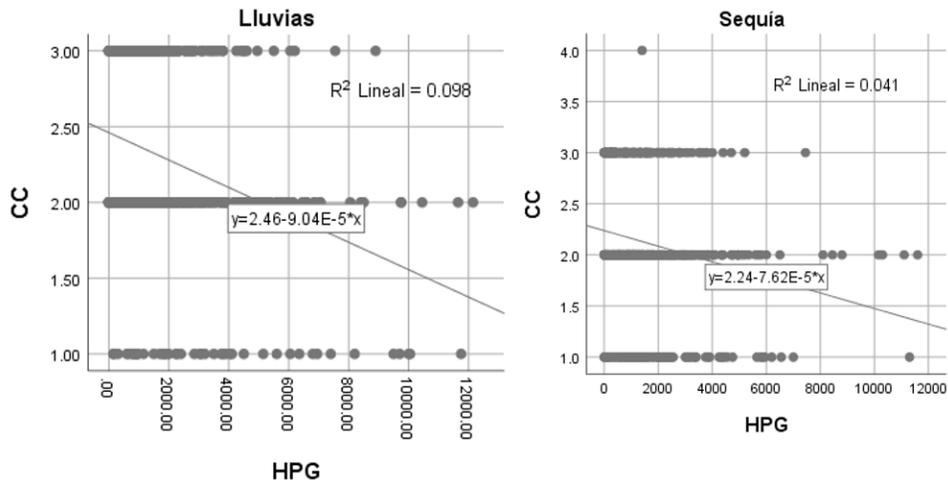


Figura 19. Correlación entre CC y HPG para las épocas de lluvia y sequía.

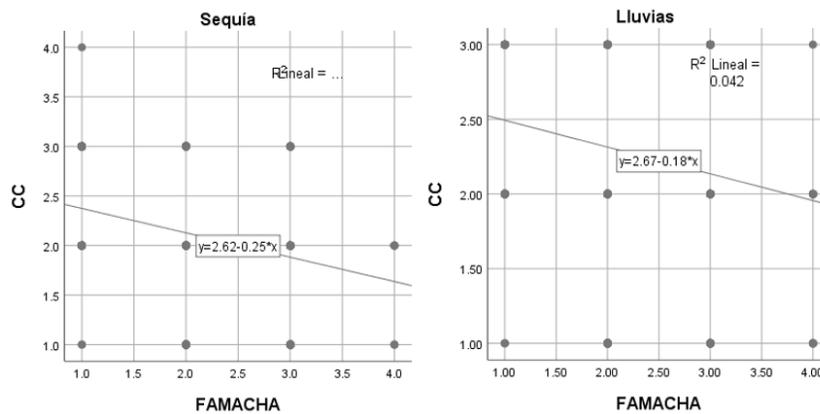


Figura 20. Correlación entre CC y FAMACHA® para la época de lluvias y sequía.

Para el análisis de riesgo se determinó que en la época de lluvias los caprinos con FAMACHA® 3, 4 y 5 presentaron entre 1.44 y 2.58 más probabilidades de enfermarse (HPG) a lo largo del estudio, en comparación a aquellos que presentaron FAMACHA® 1 y 2, por lo que se consideró que las categorías 3, 4 y 5 de FAMACHA son un factor de riesgo, contrario a lo encontrado para la época de sequía, donde el riesgo relativo de acuerdo a la categoría FAMACHA® no fue significativo.

En el caso de la CC en la época de lluvias, los caprinos con valores de 1 y 2 en la escala presentaron entre 1.05 y 2.05 más probabilidades de enfermarse (HPG) a lo largo del estudio en comparación a aquellos que presentaron valores de CC de 3 o >, por lo que los valores de 1 y 2 se consideraron un factor de riesgo en la época de

lluvias. De igual forma, para la época de sequía se encontró que los caprinos con valores de CC 1 y 2 presentaron entre 1.18 y 2.61 más probabilidades de enfermar (HPG) a lo largo del estudio en comparación con los caprinos que presentaron valores de 3 o >, por lo que se consideró que los valores de CC 1 y 2 son un factor de riesgo en la época de sequía.

8.9 Resultados evaluación de la dieta

8.9.1 Estimación de la superficie de pastoreo

La superficie estimada para una de las áreas comunales de pastoreo que era frecuentada por los caprinos, fue de 5.47 ha totales, la cual puede observarse en la Figura 21.

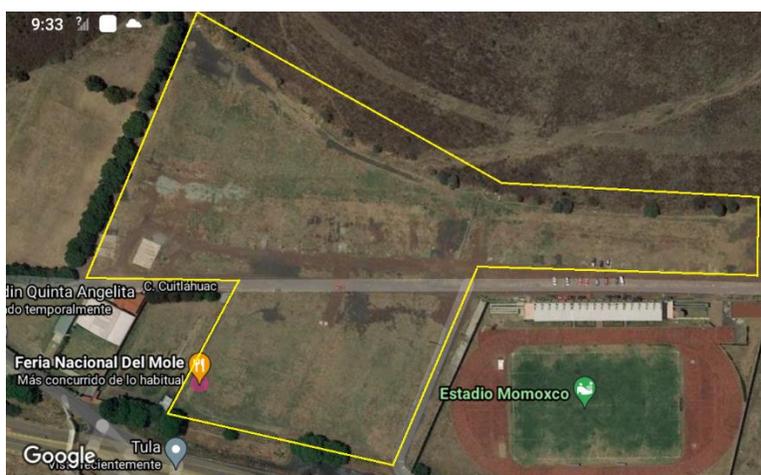


Figura 21. Delimitación de la superficie estimada para el pastoreo de los caprinos. (Mapa obtenido y editado de Google Maps)

8.9.2 Determinación de las necesidades nutricionales

Se obtuvieron las necesidades nutricionales de proteína, Mcal e ingesta de MS por día para tres etapas productivas, de acuerdo al peso promedio estimado para cada una de ellas (ver Cuadro 7).

Cuadro 7. Necesidades nutricionales de proteína, mega calorías e ingesta de materia seca por día en tres etapas productivas de acuerdo al NRC (2007).

Etapa productiva y peso promedio	Necesidad en Kg de MS/d	Necesidad Proteína g/día	Necesidad Mcal/día
Sementales (43.4 Kg)	1.36	86	2.59
Productoras (40 kg)	1.15	98	2.2
Mantenimiento (34.4 Kg)	0.9	60.5	1.72

8.9.3 Evaluación del área de pastoreo

De acuerdo al muestreo realizado por el método del cuadrante se determinó la cantidad de forraje en Kg/ha para cada uno de los tres meses muestreados, además, se determinó el porcentaje de materia seca para cada uno de ellos, obteniendo los valores presentados en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Cantidad de forraje disponible en Kg/ha en base húmeda y base seca, además de porcentaje de materia seca de la pradera evaluada de acuerdo al mes.

Mes de muestreo	Forraje Kg/ha (BH)	Forraje Kg/ha (BS)	% MS
Julio	8727.27	1570.90	18
Agosto	10583.33	2116.66	20
Noviembre	8733.33	2532.66	29
Promedio	9347.97	2073.40	22.33

Al obtener el porcentaje de MS, pudo determinarse la cantidad necesaria de forraje que deben consumir los caprinos en base húmeda (BH) para cubrir la necesidad de MS diaria, observando que los kilogramos de consumo en BH necesarios para cubrir los requerimientos de MS son elevados, como puede observarse en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Necesidades de consumo para las etapas productivas en base seca y base húmeda.

Etapas productivas	Necesidad Kg/MS día	Necesidad Kg BH día
Sementales	1.36	6.18
Productoras	1.15	5.23
Mantenimiento	0.9	4.09

De igual forma, una vez obtenida la cantidad disponible de forraje, se calculó la CCA del área de pastoreo, la cual fue determinada en 15 caprinos/año o 30 caprinos en 6 meses, refiriendo que el número de animales introducidos (71 caprinos) excede la capacidad para dicha área, sugiriendo que puede existir un sobrepastoreo.

8.9.4 Evaluación de los complementos ofrecidos en el corral

Se estimó el aporte de PC y EM de los ingredientes incluidos como complemento a la dieta de los caprinos, de acuerdo a la cantidad ofrecida para consumo por individuo en cada ocasión, la cual se aproximó en 281 g (aproximadamente un bulto de 20 Kg de uno u otro ingrediente repartido entre 71 caprinos cada día). Como

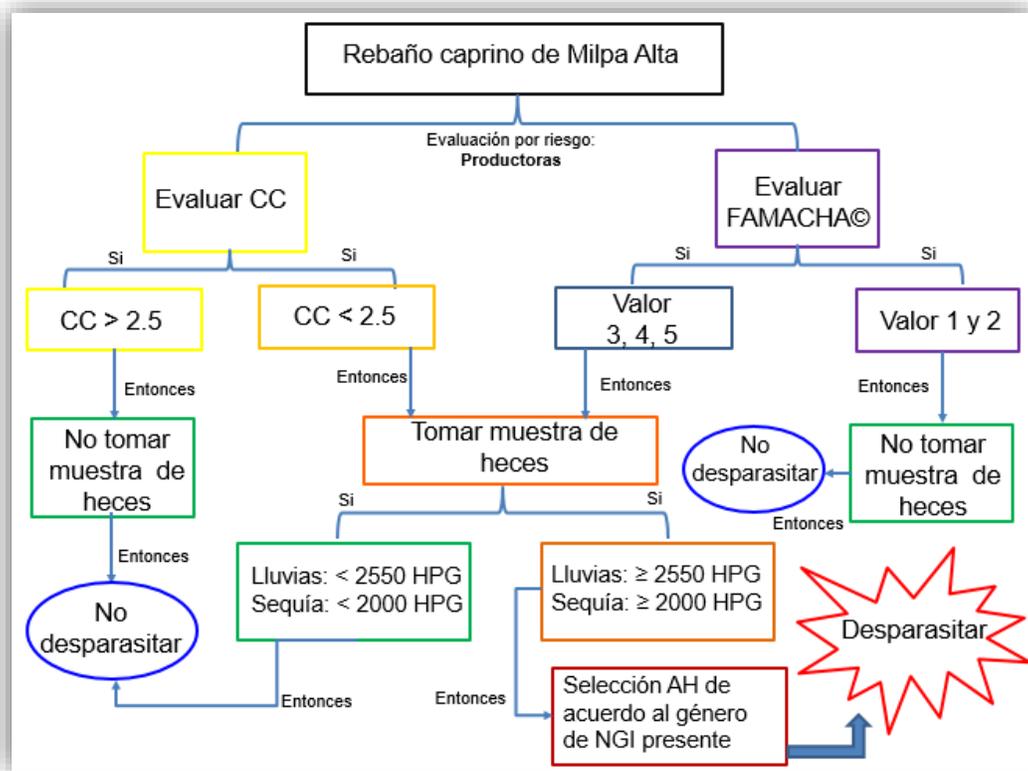
puede observarse en el Cuadro 10, el mayor aporte proteico estimado fue para el concentrado, seguido por la cascara de naranja y el subproducto de panadería; para el caso del aporte energético, se estimó que el mayor aporte provenía del subproducto de panadería, seguido del subproducto de tortillería.

Cuadro 10. Estimación del contenido de proteína y mega calorías de los principales ingredientes ofrecidos y su aporte de acuerdo a la cantidad aproximada ofrecida por individuo.

Ingrediente	PC %	EM Mcal/kg	Aporte PC g (en 281 g)	Aporte Mcal (en 281 g)
Concentrado	13	2.2	36.5	0.62
Cascara de naranja	10	2.6	28.1	0.73
Subproducto de tortillería	8.4	2.9	23.6	0.81
Subproducto de panadería	10	3.2	28.1	0.9
Rastrojo de maíz	5.9	1.5	16.5	0.42
Heno de avena	5.1	1.5	14.33	0.42

8.10 Propuesta de DSD para la producción caprina de Milpa Alta.

En la Figura 22 se propone un esquema de DSD tomando en cuenta los umbrales clínicos encontrados en el rebaño caprino para HPG, CC y FAMACHA®, además se considera la selección del antihelmíntico en función a los hallazgos de la epidemiología de los NGI presentes en la zona ecológica de Milpa Alta.



- El género predominante en la producción es *T. colubriformis*, presentándose en la mayoría de los meses con una prevalencia anual de 46%.
- La categoría de riesgo son las hembras en producción, siendo la población susceptible y prioritaria para la evaluación de los indicadores fisiopatológicos.
- El método FAMACHA® puede ser utilizado exclusivamente en la época de lluvias, sin embargo, es una herramienta que permitirá evaluar a los caprinos con problemas relacionados a una inadecuada nutrición.
- Debe asegurarse una adecuada alimentación y complementación de la dieta, priorizando la categoría de riesgo para asegurar una adecuada respuesta inmune de los caprinos.

Figura 22. Diagrama de flujo para la toma de decisiones en la desparasitación de caprinos en Milpa Alta (Tomado y modificado de Torres-Acosta et al., 2014).

9- DISCUSIÓN

9.1 Encuesta al productor

Las visitas realizadas a la producción junto con la encuesta realizada al productor permitieron la identificación de múltiples factores que interactúan en conjunto influyendo positiva o negativamente en su desempeño productivo, algunas de las cuales se describirán a continuación.

Dentro de los aspectos relacionados a la producción caprina, se le vincula mayoritariamente con estratos de la población rural o de bajos ingresos, manteniéndose principalmente como un sistema de subsistencia (Andrade-Montemayor, 2017), sin embargo, para el productor funcionaba como una actividad primordial para la obtención de recursos económicos, más que para autoconsumo de los productos, la cual alternaba con otras actividades que le generaban ingresos y que permitían colaborar con la crianza de sus hijos. Al ser el fin zootécnico la producción láctea y su conversión en queso o dulces tradicionales, las razas caprinas con las que se contaba coincidieron con aquellas utilizadas predominantemente en la zona centro de México para la producción láctea (SEDESOL, 2017).

El tamaño de la producción observada dependió principalmente de la atención que el productor podía brindar y en parte a los recursos económicos con los que disponía para invertir, como los complementos a la dieta, a diferencia de lo reportado por Ortíz-Morales et al. (2021) para producciones ubicadas en la mixteca, donde se vincula a la disponibilidad de alimento, o a si es una actividad primaria o secundaria, pero coincidiendo en el aspecto de la mano de obra familiar, que en este caso era brindada únicamente por uno de los miembros de su familia.

Una de las principales problemáticas observadas y expresadas por el productor fue la de la gran escases de alimento en las épocas consideradas de sequía, que traía como consecuencia la muerte de algunos animales y afectaba el desarrollo o crecimiento de otros, lo cual se ha reportado constantemente en producciones intensivas y semi intensivas del centro del país que no cuentan con sistemas de riego y que dependen de la alimentación en praderas naturales (Andrade-

Montemayor, 2017). Este aspecto es de vital importancia ya que las cargas parasitarias encontradas estarían relacionadas directamente a un estado nutricional deficiente de los animales, como se ha visto en estudios donde, al cubrir la demanda de proteína y energía en la dieta, se mejora la resistencia y resiliencia de los animales ante NGI (Garate-Gallardo *et al*, 2015; Torres-Acosta *et al*, 2019; Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

Las prácticas relacionadas al control parasitario son otra de las problemáticas que se hicieron notar durante el estudio, debido principalmente al tipo de fármaco utilizado, ya que el espectro del closantel se limita a *H. contortus* dentro de los NGI y abarca algunas otras especies como *Fasciola hepática* (Irazabal-Léctor, 2019), la cual no fue encontrada durante el estudio; además, datos reportados a cerca de la RAH mencionan que los productores frecuentemente evitan pesar a los animales previamente a la desparasitación, favoreciendo el desarrollo de esta problemática (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2017), manejo que fue detectado en la producción y que hizo sospechar de la presencia de cepas de NGI con RAH.

De igual forma, las enfermedades previas como la coccidiosis tuvieron una gran repercusión en la producción, principalmente el año previo, donde se perdieron varios animales en desarrollo por este problema. Esta etapa productiva que ha sido catalogada en riesgo ante la presencia del género *Eimeria*, donde los cuadros suelen agravarse cuando se le conjunta con factores de estrés, instalaciones inadecuadas o una nutrición deficiente que evita el establecimiento de una adecuada respuesta inmune ante las coccidias (Alcala-Canto *et al.*, 2020), factores que fueron observados y se discutirán más adelante.

Algunas otras problemáticas observadas, como la escasa lotificación de animales o el nulo manejo de registros e identificaciones son problemáticas comunes en las pequeñas producciones del centro y sur del país, las cuales impiden que se puedan tener parámetros o indicadores productivos que permitan medir el avance de la producción o poder hacer comparativos en beneficio de ella (Robles-Robles *et al.*, 2020). Este aspecto ampliamente establecido dificulta en gran medida la toma de decisiones cuando se requiere de la aplicación de medidas de control parasitario,

impidiendo que se conozca la situación de los individuos que realmente necesitan la aplicación de los fármacos antihelmínticos, o hasta el estado general de salud de los mismos (Canto *et al.*, 2020)

9.2 Prueba FECRT y cultivos larvarios

Los géneros de NGI encontrados coinciden con estudios realizados en pequeños rumiantes en el trópico (Torres-Acosta *et al.*, 2014; Herrera-Manzanilla *et al.*, 2017), dónde *Cooperia* sp no fue reportado, al igual que en Querétaro (González-Reyes, 2021), Puebla, (Olazarán-Jenkins *et al.*, 2019; Camacho-Ronquillo *et al.*, 2021), donde se reporta además la presencia de *Teladorsagia* sp, y Nayarit (Salgado-Moreno *et al.*, 2017), con nula presencia de *Oesophagostomum* sp. En la mayoría de los estudios mencionados, el género principal difiere del encontrado en el presente estudio (*T. colubriformis*), con excepción del estudio de Querétaro, y de la misma manera, las proporciones de los géneros identificados varían de una región de estudio a otra.

Camacho-Ronquillo *et al.*, (2021) encontró que en una localidad de Puebla el género *H. contortus* fue predominante en la mayoría de los meses, similar a lo encontrado en el presente estudio, dónde *H. contortus* abundó en los meses de Junio y Julio, como puede observarse en la Figura 9. Estos datos concuerdan con investigaciones que asocian a *H. contortus* con los meses de mayor precipitación y con el comienzo de la época de sequía, donde las condiciones de humedad y temperatura favorecen el establecimiento de las fases infectivas en la pradera (Selemon, 2018).

Para el estudio de Puebla referido previamente, el autor señala que en el mes de Junio dominó el género *Cooperia* sp, mientras que la mayoría de ejemplares de *Oesophagostomum* sp fueron observados en Marzo, Julio y Octubre, sin embargo el caso fue completamente distinto para el estudio actual.

En ovinos del sureste mexicano se reportó un mayor número de *H. contortus*, *Cooperia* sp y *T. colubriformis* en época de lluvias (Camacho-Ronquillo *et al.*, 2021), similar a lo encontrado en el caso de *H. contortus* y *Cooperia* sp en Milpa Alta pero con diferencias para *T. colubriformis*, el cual se observó principalmente en Agosto, Febrero, Marzo y Septiembre,

Para el caso de la RAH, en el estado de Puebla, Olazarán-Jenkins *et al.* (2019) encontró que los géneros *H. contortus*, *Cooperia* sp y *Trichostrongylus* sp mostraron resistencia a BZ y LM, coincidiendo con la RAH encontrada para *Cooperia* sp, pero con diferencia para *T. colubriformis* y *H. contortus*, quienes mostraron resistencia a ivermectina, pero no a fenbendazol (ver Cuadro 4) ; en el trópico, Herrera-Manzanilla *et al.* (2017) menciona que los géneros *H. contortus*, *Trichostrongylus* sp y *Oesophagostomum* sp estuvieron relacionados a RAH hacia benzimidazol, ivermectina y levamisol, a diferencia de lo encontrado, ya que los mismos géneros mostraron ser resistentes únicamente a ivermectina; para los porcentajes de reducción reportados por el mismo autor se observa una reducción de 0 a 48 % para benzimidazol, de 29 a 82 % para ivermectina y de 1 a 88% para levamisol, muy similar a lo encontrado en el presente estudio, dónde la efectividad fue de 32% para fenbendazol y 93% para ivermectina, sin embargo, se diferencia de la efectividad encontrada para levamisol, la cual fue de 100%. De igual forma, se ha reportado RAH hacia LM en *H. contortus* en regiones de Argentina (Cerutti *et al.*, 2018) y hacia levamisol en múltiples géneros en Brasil (Hubert y Carvalho-Costa, 2017).

La información acerca de la distribución de los géneros de NGI durante el periodo de estudio y el conocimiento de la susceptibilidad de los mismos a los principales antihelmínticos en la zona ecológica de Milpa Alta (como se observa en la Figura 9 y el Cuadro 4 respectivamente) muestra la importancia que presenta el estudio, ya que es un punto crucial para la toma de decisiones al momento de realizar un adecuado control parasitario en cualquier rebaño (Niec, 1968), y que toma en consideración la epidemiología observada, aportando además valiosa información de la producción caprina para futuros estudios en la zona, los cuales han sido escasos hasta este momento.

9.3 Determinación de la carga parasitaria y climatología

9.3.1 Caracterización por HPG y época

Una vez determinada la clasificación en dos grandes épocas, de sequía (2000 HPG) y lluvias (2500 HPG), las cuales coincidieron con los datos de precipitación y temperatura obtenidos del INEGI (2017) se pudo comparar las características

encontradas en la distribución en el conteo de HPG que fueron observadas en el estudio (ver Figura 11). De acuerdo a datos presentados para el estado de Guerrero (Figuroa-Antonio *et al.*, 2018), la mayor presencia de NGI se asoció con la época de sequía en comparación a la de lluvias, a diferencia de lo encontrado en el presente estudio, sin embargo, Camacho-Ronquillo *et. al* (2021) observó una mayor distribución de HPG para la época de lluvias en comparación a la época de sequía, encontrando rangos de 0 a 9500 y 0 a 8000 HPG respectivamente, lo cual concuerda con los datos obtenidos, pero con alguna diferencia debido probablemente a que para la época de lluvias se encontraron datos extremos en el conteo de HPG. Torres-Acosta *et al.* (2014) encontró un rango de 0 a 19500 HPG en caprinos en pastoreo para la temporada de lluvias en el estado de Yucatán, mientras que González-Reyes (2021) encontró que los rangos para las épocas de lluvias y sequía fueron 0 a 9850 y 0 a 11000 HPG, diferente a lo encontrado con los rangos del estudio actual, pero ambos autores concuerdan en el hecho de que hubo pocos animales presentando cargas parasitarias altas y muchos animales con cargas parasitarias bajas, al igual que con los datos observados en Milpa Alta, reafirmando el fenómeno de superdispersión (Hoste *et al.*, 2001).

9.3.2 Determinación del umbral de HPG por época

La determinación de los datos de HPG permite determinar a su vez el umbral o límite que debe permitirse para los NGI, pero esto se da en función a los datos de la zona ecológica que se evalúa y su interacción con los animales, por ejemplo, Torres-Acosta *et al.* (2014), utilizó un umbral de ≥ 750 HPG como criterio para realizar la desparasitación en caprinos en el trópico, al igual que Salamanca-Sanabria (2017) en Chiapas, mientras que González-Reyes (2021) determinó un umbral de ≥ 1000 HPG para la época de sequía y ≥ 2000 HPG para la época de lluvias en Querétaro, con lo que los valores encontrados para considerar los umbrales de HPG en Milpa Alta son superiores a los estudios mencionados previamente (2822 HPG para lluvias y 2205 HPG para sequía), atribuyéndose a las condiciones climatológicas de la zona, principalmente a temperatura y humedad, los cuales parecen favorecer a los diferentes géneros parasitarios encontrados pero que influyen de igual forma en los

animales, principalmente en su alimentación (Márquez-Lara y Jiménez-Pallares, 2017).

Estudios realizados en Europa (Maurizio *et al.*, 2021) han logrado determinar umbrales de HPG para la desparasitación estratégica de grupos de ovinos y caprinos, teniendo valores de 1000 HPG hacia el final del verano, específicamente para el género *H. contortus*, mientras que se ha tenido un umbral de 2000 HPG en animales hacia el final de la época de pastoreo y que se encuentran en riesgo alto de parasitosis, además, para la DSD se ha contado con valores umbrales que van de los 200 a los 300 HPG o, específicamente para caprinos, valores umbrales de HPG que van de los 500 a los 700 HPG pero que han tenido que modificarse debido a que no se han mostrado problemáticas en estos rangos utilizado.

Los umbrales de HPG obtenidos muestran las diferencias que existen entre regiones y aún dentro de las diferentes épocas, siendo un reflejo de diversas condiciones como lo es la especie, la zona ecológica o el estado nutricional del rebaño (Torres-Acosta *et al*, 2014), por lo que no pueden ser considerados como valores fijos; en el caso del presente estudio, la alimentación de los caprinos representó un factor de gran peso para la presentación de la parasitosis por NGI y sus valores umbrales, además, cabe señalar que, aun con cargas parasitarias considerables, el rebaño caprino continuó con su proceso productivo sin presentar evidencia aparente de una parasitosis severa, mostrando gran resiliencia. Lo complejo de estos procesos y sus interacciones muestra la importancia de realizar estudios que contribuyan al conocimiento de las diferentes zonas ecológicas, los rebaños y la epidemiología presente, para diseñar planes de manejo objetivos dirigidos hacia el control parasitario, evitando así las malas prácticas y el desarrollo de la RAH.

9.3.3 Caracterización de acuerdo a eliminación de HPG

Mediante el análisis de los datos de la distribución de HPG y la determinación del tercer cuartil, se obtuvieron los rangos estimados y los rangos establecidos para la clasificación de los animales en bajos, moderados y altos eliminadores, sin embargo estos valores fueron ajustados en función al conocimiento de la sensibilidad de la

prueba y para su aplicación con fines prácticos, ya que el mantener animales en la clasificación de negativos no sería del todo correcta, debido a que el presentar un HPG de 0 no asegura la ausencia de parásitos (Rinaldi, 2014), por ello los valores fueron adaptados para su uso a nivel de campo y se muestran en el Cuadro 5.

Aguirre-Serrano *et al.* (2017), en Tabasco, clasificó a ovinos de acuerdo al grado de eliminación de HPG, encontrando promedios de 222, 683 y 2613 HPG para las categorías bajo, moderado y alto eliminador respectivamente, diferente a las dos primeras categorías clasificadas en el presente estudio, pero similar a la última; bajo un criterio de clasificación con relación a la desviación estándar, Alvarado-Alvarado *et al.* (2017) determinó los límites de <50 HPG, <640 HPG, de 640 a 2000 HPG y > 2000 HPG para realizar una clasificación similar en ovinos en Tabasco, para lo cual, los valores tuvieron similitud con el estudio actual pero encontrándose por debajo a lo observado.

9.3.4 Categorización por etapa productiva

Las diferentes etapas productivas pudieron ser clasificadas de acuerdo a su eliminación en distintas categorías (ver Figura 12 y Cuadro 6), para empezar, puede mencionarse que las hembras tienen una predisposición mayor a presentar parasitosis en comparación a los machos, como lo reporta Munguía-Xóchihua *et al.* (2018), de igual forma Figueroa-Antonio *et al.* (2018) encontró que las hembras de un rebaño en guerrero presentaron 11 veces mayor probabilidad de presentar NGI que los machos, a diferencia en lo encontrado en el estudio actual, sin embargo, el número de machos fue considerablemente desigual en el rebaño (69 hembras y 2 machos). Por otro lado, estudios señalan que las hembras en producción son quienes presentan las mayores cargas parasitarias, seguidas de los animales jóvenes y por último los animales adultos que han tenido contacto con los NGI en la pradera (Torres-Acosta *et al.* 2009), muy similar a lo encontrado en el trabajo actual ya que las hembras en producción presentaron las cargas parasitarias más altas y se clasificaron en la categoría de susceptibles, mientras que las hembras en mantenimiento y desarrollo mantuvieron los promedios de HPG más bajos, aunque para el caso de los animales en desarrollo, la frecuencia de pastoreo era menor en

comparación a los animales adultos. El refugio parasitario considerará a aquellos animales que se encuentren eliminando cargas parasitarias moderadas y que se encuentren en mantenimiento y desarrollo, además de los sementales, ya que al ser animales que pueden tolerar cargas parasitarias considerables sin representar un riesgo para ellos, representan una fuente de NGI que no serán tratados por los AH, y en consecuencia la RAH se verá retrasada (Manuel-Michuit *et al.*, 2018).

9.3.5 Coccidias

Para los datos relacionados a las coccidias, se encontró similitud con resultados observados en el estado de Guerrero (Figuroa-Antonio *et al.*, 2018), donde la época de sequía se asoció con valores mayores de coccidias en comparación a la época de lluvias en caprinos, como puede observarse en la Figura 13. En el estado de Puebla, en un estudio realizado de Junio a Diciembre, se encontró un valor promedio de 1307 OPG en ovinos, presentándose principalmente en hembras adultas y primaras (Lagunes-Rivera, 2014), valor por encima del promedio detectado en el periodo de lluvias y sequía para el estudio actual; en el caso de una producción caprina en el altiplano mexicano, se consideró que una carga <500 OPG era clínicamente aceptable debido a que los valores de OPG durante uno de los muestreos fueron inferiores, aunque la investigación no se centraba en la coccidiosis (Martínez-Grimaldo *et al.*, 2018). Los criterios tomados en cuenta para la clasificación de cada grupo se basaron en escalas determinadas, sin embargo, en el estudio actual se pudo determinar de acuerdo a la división de la población en cuartiles, dando datos más precisos y en función a las condiciones de la zona ecológica; de esta manera, se pudo determinar a partir del tercer cuartil el valor considerado umbral para la época de sequía y de lluvia 1001 y 1403 OPG respectivamente, sin embargo, los datos para la caracterización de los valores para el control de la coccidiosis siguen bajo investigación.

El hallazgo de coccidias en la mayor parte del rebaño caprino mostró que esta problemática continua presente y no únicamente en los animales jóvenes, lo cual se relacionó principalmente al estado nutricional deficiente de los caprinos, situación que pone en riesgo principalmente a las hembras en producción, ya que impide que

puedan hacer frente a la infección a través de una adecuada respuesta inmune, ya que se sabe que los animales adultos expuestos repetidamente generan resistencia ante estas infecciones (Alcala-Canto et al., 2019). A pesar de este aspecto, los caprinos continuaron con su ciclo productivo, lo que evidenció nuevamente la gran capacidad de resiliencia que presentaron, ya que, además, la signología asociada a este problema fue escasa.

9.4 Relación de los indicadores HPG, FAMACHA®, peso corporal y CC

9.4.1 FAMACHA® y HPG; FAMACHA® y CC

En un estudio realizado en el sureste mexicano con caprinos, Olivas-Salazar *et al.* (2019) observó que bajas precipitaciones y bajas cargas parasitarias se asociaron a valores bajos de FAMACHA® en caprinos a una altitud de 1500 msnm o superior y de igual forma, al correlacionar las variables se encontró una asociación significativa entre el valor de HPG y FAMACHA®, lo cual presenta similitud con los datos encontrados para la época de sequía de acuerdo a la distribución de FAMACHA®, sin embargo los más bajos promedios de FAMACHA® se encontraron en el mes de Julio, a pesar de la presencia de *H. contortus* y su coincidencia con los meses de lluvia, como se observa en la Figura 14. Para datos obtenidos en Centroamérica en un rebaño de cabras lecheras, se encontró alta correlación entre las calificaciones obtenidas al aplicar el método FAMACHA® y la cantidad de HPG obtenidos (Zárate-Rendón *et al.*, 2017), concordando con ambas épocas del estudio en Milpa Alta, ver Figura 18.

El análisis de riesgo indicó que los caprinos con FAMACHA® 3, 4 y 5 presentaron un mayor riesgo de presentación de parasitosis en comparación a aquellos con valores de 1 y 2, por lo que los primeros deben considerarse para delimitar el umbral clínico para la toma de decisiones en la aplicación de la DSD, y principalmente durante la temporada de lluvias, factor asociado a la presencia de *H. contortus* en dicha época (ver Figura 9).

Para el caso de la asociación entre CC y FAMACHA®, Desdémona-Martínez *et al.* (2019) observó correlación baja entre ambas categorías en ovinos de Oaxaca, mientras que Torres-Chable *et al.* (2020) observó una correlación baja para ambas

categorías en ovinos de Tabasco, a diferencia de lo encontrado para los caprinos de Milpa Alta (ver Figura 20), los cuales presentaron altas correlaciones en ambas épocas a pesar de que *H. contortus* predominó mayoritariamente en la época de lluvias.

La prueba de χ^2 ayudó a demostrar que el uso del método FAMACHA puede ser utilizado independientemente en la época de lluvias, debido a que al comparar ambas épocas no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$).

9.4.2 CC y HPG

El menor promedio en la escala de CC para el mes de Abril, el cual se muestra en la Figura 15, como pudo estar asociado principalmente a la disponibilidad de alimento encontrada en el potrero, ya que podría considerarse como la última parte de la sequía, y donde el animal ha comenzado a hacer uso de sus reservas corporales, además, podría asociarse también a la presencia de *T. colubriformis*, el cual en conjunto a la escases de alimento pudo generar un impacto importante en la condición corporal del animal (Dias-e-Silva, *et al.*, 2019), lo cual puede sospecharse debido a que la mayor parte del año se presentaron valores bajos de CC presentando un promedio de 2.18 en la escala.

Por otro lado, en caprinos del sureste mexicano (Olivas-Salazar *et al.*, 2019), se correlacionaron importantemente las categorías de CC y HPG, al igual que lo encontrado para la producción en Milpa Alta, lo cual se muestra en la Figura 19.

El análisis de riesgo indicó que los caprinos con valores de 1 y 2 en la escala de CC mostraron un mayor riesgo de presentación de parasitosis en comparación a aquellos con valores de 3 o superiores, independientemente de la época del año, sin embargo, las probabilidades de que los caprinos con valores de CC 1 y 2 presenten parasitosis son mayores en la época de sequía en comparación a la época de lluvias, aspecto que se relacionó con la disponibilidad de alimento presente en la zona, ya que, como se ha mencionado, es una de las principales problemáticas. Por esta razón, pudo tomarse a la evaluación de la CC como un indicador válido para el cual se ha delimitado de igual forma su umbral clínico y que

representa una importante herramienta para la aplicación de la DSD y el control parasitario.

9.4.3 Peso y HPG

La distribución anual de pesos mostró que el mes de Diciembre contó con el mayor promedio, lo cual se atribuyó principalmente a que un gran número de hembras se mantuvieron en gestación (ver Figura 16), con una subsecuente reducción en los promedios de peso en los meses siguientes, lo cual se asoció con el proceso de parto, mientras que el aumento en el peso posterior al mes de Junio pudo asociarse a la disponibilidad de alimento debido a la temporada de lluvia.

Una comparación realizada en caprinos en el sureste mostró una correlación significativa entre el peso vivo y el número de HPG (Olivas-Salazar *et al.*, 2019), sin embargo, para el caso de un estudio realizado en Centroamérica (Arauco-Villar *et al.*, 2021) la correlación entre ambas categorías fue significativa pero baja, lo cual tiene similitud de los hallazgos encontrados y que se presentan en la Figura 17, donde la correlación fue muy significativa.

9.5 Evaluación de la alimentación

9.5.1 Cantidad de forraje disponible y determinación de MS

A pesar de que se contaba con una cantidad considerable de forraje en Kg/ha, la cual se calculó en base húmeda, la determinación del porcentaje de MS reveló que se contaba con 82% de humedad en promedio, lo que redujo considerablemente la cantidad de MS disponible; este aspecto sugiere que los caprinos tendrían que consumir una cantidad considerable de forraje para cubrir sus necesidades nutricionales en el tiempo de pastoreo (ver Cuadro 9), por lo que los animales podrían no haber estado cubriendo sus necesidades nutricionales a través del consumo en el área de pastoreo debido a que el tiempo de permanencia iba de 4 a 6 horas por día.

Al determinar la CCA, pudo observarse que el número de caprinos que disponían del área de pastoreo excedía su capacidad, por lo que el rebaño podría encontrarse ejerciendo sobrepastoreo. Sin embargo, es necesario considerar que los cálculos toman en cuenta la permanencia de los animales durante un año en el área de

pastoreo (Borrón-Contreras, 2015), mientras que el productor únicamente llevaba a los animales una fracción del día para su alimentación, además, existen algunas otras producciones de rumiantes que compartían esta zona, las cuales no fueron tomadas en cuenta para el estudio pero que pudieron haber influido en la disponibilidad de alimento así como en la carga parasitaria que permanecía en la zona, ya que no existe un sistema de rotación de potrero que reduzca el riesgo de las problemáticas antes planteadas (Torres-Acosta *et al*, 2019; Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

9.5.2 Complementos a la dieta

Los ingredientes que son suministrados como complemento a la dieta cuentan con aportes considerables en PC y Mcal como se observa en el cuadro 10, sin embargo, para que estos puedan contribuir a la nutrición adecuada de los caprinos, su suministro debe ser constante, principalmente en épocas donde el aporte nutricional de la pradera es deficiente (Zapata-Campos y Mellado-Bosque, 2020), además, debe priorizarse a la etapa productiva que se ha detectado bajo riesgo, que en este caso es la de productoras. De igual forma, debe considerarse el cálculo adecuado de la cantidad suministrada por animal, ya que esto favorecerá un aporte adecuado de los nutrientes que se desea ofrecer.

9.6 Propuesta de esquema de DSD

9.6.1 Consideraciones y recomendaciones

Mediante el análisis de los datos obtenidos, se determinaron los umbrales clínicos para establecer criterios objetivos que pueden ser puestos en práctica cuando se desea saber si es necesario realizar la desparasitación en los caprinos o no.

Los criterios establecidos para la producción caprina de Milpa Alta son:

- Identificación de la categoría de riesgo, la cual está conformada por las productoras, consideradas como susceptibles a los NGL. Este grupo debe priorizarse para su evaluación tanto en época de lluvias como de sequía.
- La evaluación deberá ser realizada para determinar la CC y FAMACHA© e identificar a los altos eliminadores; una CC < 2.5 y calificaciones de FAMACHA© de 3, 4 o 5 implicaran que se debe tomar una muestra de heces

para evaluar la carga parasitaria. El método FAMACHA® permitirá determinar animales que presentan haemoncosis, pero también aquellos que cursan con otras patologías que puedan generar diversos grados de anemia.

- Si se obtienen valores que superen el umbral para la época de lluvias (≥ 2550 HPG) o para la época de sequía (≥ 2000 HPG) deberá ser aplicado el AH, siempre que el MVZ lo considere necesario.
- Debe tomarse en consideración la susceptibilidad de los géneros de los NGI a los AH y su prevalencia con respecto al mes para hacer un uso adecuado de los mismos, como se observa en los Cuadros 11 y 12, ya que han mostrado poder ser útiles bajo ciertas condiciones.

Cuadro 11. Recomendaciones para la correcta aplicación de AH de acuerdo al mes y el género de NGI para la producción caprina de Milpa Alta.

Género de NGI	Antihelmínticos recomendados	Mes recomendado para su aplicación
<i>Cooperia sp</i>	Levamisol	Abril, Octubre y Noviembre.
<i>T. colubriformis</i>	Levamisol y fenbendazol	Febrero, Marzo, Agosto, Septiembre y Diciembre.
<i>H. contortus</i>	Levamisol y fenbendazol	Junio y Julio
<i>Oesophagostomum sp</i>	Levamisol e ivermectina	Mayo

Cuadro 12. Uso de antihelmínticos durante la gestación y tiempo de retiro (Plumb, 2010)

Antihelmíntico	Uso durante la gestación	Tiempo de retiro
Fenbendazol	Se considera seguro en cualquier etapa de la gestación.	Evitar consumir: Carne de animales tratados 11 días antes del sacrificio. Leche hasta 5 días después de la última aplicación.
Ivermectina	Se considera segura en cualquier etapa de la gestación.	Evitar consumir: Carne de animales tratados 28 días antes del sacrificio. Leche hasta 28 días después de la última aplicación.
Levamisol	Se considera seguro, pero usar solamente cuando el beneficio supera el riesgo.	Evitar consumir: Carne de animales tratados 3 días antes del sacrificio. Leche hasta 3 días después de la última aplicación.

- Es recomendable que los complementos a la dieta sean asegurados para cubrir las necesidades nutricionales mínimas de los animales y principalmente en los animales susceptibles, que en este caso son las productoras, esto les permitirá hacer frente a los NGI de una manera más efectiva (Garate-Gallardo *et al*, 2015; Torres-Acosta *et al*, 2019).

Los umbrales determinados contribuirán a retrasar la RAH al reducir el número de animales que serán desparasitados, aumentando la población de cepas de NGI susceptibles a los AH utilizados. Estos umbrales fueron determinados de acuerdo a características particulares de la producción y no son fijos, debido a la influencia de múltiples factores relacionados a la producción, por lo que debe tomarse en cuenta para futuras evaluaciones o manejos relacionados al control parasitario.

10- CONCLUSIONES

El análisis de los datos obtenidos de la producción caprina ubicada en Milpa Alta permitió establecer criterios objetivos para la desparasitación y el diseño de un esquema de DSD, el cual tomó en consideración la epidemiología de la zona, la distribución de los géneros de NGI, la carga parasitaria y su interacción con las variables climáticas de temperatura y precipitación durante el periodo de Agosto 2020 a Agosto 2021. A través de estos datos, se determinaron las épocas de sequía y lluvia para la región, a las cuales se les asoció con la eliminación de HPG y donde pudo determinarse que *T. colubriformis* fue el principal género observado a lo largo del periodo de estudio, mientras que, para el caso de los caprinos, se les categorizó de acuerdo a la etapa productiva y el rango de eliminación de HPG, determinando a las hembras en producción como susceptibles a la parasitosis. Se pudo determinar el umbral de HPG para la poca de sequía (≥ 2000) y para la época de lluvias (≥ 2550), para FAMACHA© en categorías de 3 a 5, y para CC una calificación ≤ 2.5 , además, se determinó la efectividad de tres fármacos AH permitiendo seleccionar los más adecuados para su aplicación con respecto a la época del año y el género parasitario predominante en cada mes, volviéndolo un proceso de precisión. La

información recabada permitirá retrasar la aparición de RAH en el rebaño caprino mediante la reducción de los animales que son desparasitados, en comparación a las prácticas de manejo tradicionales y aportará información actual acerca de las producciones de pequeños rumiantes que aún persisten en la ciudad de México. Se requiere de un análisis más preciso de la alimentación tanto en el área de pastoreo como en la complementación en corral para asociar sus aportes con el estado nutricional de los caprinos y su relación con los NGI, además, se requiere continuar con la evaluación de los diferentes indicadores fisiopatológicos en la producción para que el MIP tenga una mayor certeza y efectividad en su aplicación para años posteriores.

11- BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre-Serrano AM, Ojeda-Robertos NF, Torres-Acosta JFJ, González-Garduño JFJ, Flores-Ramírez SV, Alegría-López MA, Cruz-Tamayo AA, Méndez-Cruz JJ, Coronel-Benedett KC, Velázquez-Martínez CM, García-Méndez JA, Navarro-Martínez F, Morales-Córdoba I, Martínez-Molina I. *Comparación de dos métodos para segregación de borregas pelibuey*. (2017) Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México. Universidad autónoma de Tabasco-Instituto Tecnológico de la zona Maya-Instituto de investigación chiná. Villa Hermosa Tabasco 1ª Ed. 236 Pag.
2. Alvarado-Alvarado A, González-Garduño R, Zaragoza-Vera M, Zaragoza-Vera C, Arjona-Jiménez G, López-Arellano ME, Navarro-Martínez F. *Parámetros inmunológicos en ovinos de pelo para abasto contra nematodos gastrointestinales en Tabasco, México*. (2017) Revista Agroproductividad Vol. 10 N° 2 pp. 47-52
3. Albrechtová M, Langrová I, Vadlejch J, Špakulová M. *A revised checklist of Cooperia nematodes (Trichostrongyloidea), common parasites of wild and domestic ruminants*. (2020) Helminthologia 57, 3. pp. 280-287 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7425237/>
4. Alcalá-Canto Y, Figueroa-Castillo JA, Ibarra-Velarde F, Vera-Montenegro Y, Cervantes-Valencia M, Alberti-Navarro A. *First database of the spatial distribution of Eimeria species of cattle, sheep and goats in Mexico*. (2020) Parasitology Research 119 pp. 1057-1074 Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-019-06548-8>
5. Alcalá-Canto Y, Alberti-Navarro A, Figueroa-Castillo JA, Ibarra-Velarde F, Vera-Montenegro Y, Cervantes-Valencia M. *Maximum entropy ecological niche prediction of the current potential geographical distribution of Eimeria species of cattle, sheep and goats in Mexico*. (2019) Open Journal of Animal

- Sciences 9 pp. 234-248 Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.scirp.org/html/7-1400760_91842.htm
6. Andrade-Montemayor HM. *Producción de caprino en México*. (2017) VIII Foro Nacional del Caprino No. 18 pp. 24-27 Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://www.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/07/Produccio%CC%81n-de-Caprino-en-Me%CC%81xico.pdf?pwd=no>
 7. Arauco-Villar F, Payno-Unchupaico I, Mayorga-Sánchez M, Cruz-Flores D. *Asociación de parasitismo gastrointestinal con parámetros fisiológicos en ovinos mejorados de la Región Junín, Perú*. (2021) Revista Investigación Veterinaria Perú 36 (6) e21677 9 Pag.
 8. Babják M., Königová A., Urda-dolinská M., & Várady M.; (2017) *Gastrointestinal helminth infections of dairy goats in Slovakia*. Helminthologia, 50 (2) pp. 211-217. Citado: Diciembre 2020 Disponible en: [https://content.sciendo.com/configurable/contentpage/journals\\$002fhelm\\$002f54\\$002f3\\$002farticle-p211.xml](https://content.sciendo.com/configurable/contentpage/journals$002fhelm$002f54$002f3$002farticle-p211.xml)
 9. Bath GF, van Wyk. *The Five Point Check© for targeted selective treatment of internal parasites in small ruminants*. (2009) Small Ruminant Research ELSEVIER 86 pp. 6-13 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448809001679?casa_token=0_VNEmY6ZnkAAAAA:EznZuf60ZdwPmgPkHyd_twDIR5bN469WkdXQVaESF_9se1-BSA9dMHnE-8sPb1ZEOWz2xKDCnVA
 10. Bedotti DO; Hurtado AW, Babinec FJ. *Estimación del peso corporal en caprinos machos y hembras de raza colorada pampeana mediante medidas morfométricas*. (2018) Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 12 pp. 141-146
 11. Borrón-Contreras JL. *¿Cuántos animales puedo pastorear en mi agostadero?* (2015) INIFAP, Centro de Investigación Regional Noreste. Tríptico en formato electrónico 2 Pag. Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/101.pdf>
 12. Camacho-Ronquillo C, Utrera-Quintana F, Hernández-Hernández EJ, Aguirre-Espíndola GG, Becerra-Peralta F, Fernández-Meneses EC, Zambrano-González MA, Pérez-Rosas A. *Prevalencia de parásitos gastrointestinales en dos épocas del año, en ovinos de pelo provenientes del sureste mexicano*. (2021) Brazilian journal of animal and environmental research. pp. 4898- 4907 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/36926/0>
 13. Canto M., Francisco, Holmberg F., Germán, Chahin A., María Gabriela y Baeza P., Paola *Importancia de los registros productivos y reproductivos en la producción ovina*. (2020) INIA Remehue. N° 120. (Consultado: 4 agosto 2022). Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67480>
 14. Capello BP, Árce AA, Barbieri FA, Álvarez RF, Lozina LA. *Estudio comparativo entre las técnicas de McMaster modificada INTA y Mini Flotac para el conteo de huevos de nematodos en materia fecal de equinos*. (2020) Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 7 (4) pp. 17-24 Consultado:

- Diciembre 2021 Disponible en: <https://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/Capello-et-al.pdf>
15. Cerutti J, Cooper L, Torrents J, Suárez G, Anziani OS. *Eficacia reducida de derquantel y abamectina en ovinos y caprinos con Haemonchus sp resistentes a lactonas macrocíclicas.* (2018) Revista Veterinaria / Universidad Nacional del Nordeste 29 (1) pp. 22-25 Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/3631>
 16. Chandra NT, Lee D, Park H, Choe S, Abdieli NB, Kang Y, Mebarek BM, Eamudomkarn C, Kumar MU, Mehetazul IK, Uddin BJ, Jeon H, Keeseon S. *Morphometrical and Molecular Characterization of Oesophagostomum columbianum (Chabertiidae: Oesophagostominae) and Haemonchus contortus (Trichostrongylidae: Haemonchinae) Isolated from Goat (Capra hircus) in Sylhet, Bangladesh.* (2021) Journal of Parasitology Research. Hindawi. 9 pag. Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/jpr/2021/8863283/>
 17. Charlier J, Morgan ER., Rinaldi L., van Dijk J, Demeler J, Høglund J, Hertzberg H, van Ranst B, Hendrickx G, Verctuyse J, Kenyon F. *Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments.* (2014) Veterinary record, 250-255. Citado: Diciembre 2020 Disponible en: <https://bvajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1136/vr.102512>
 18. Cintra MCR, Teixeira VN, Nascimento LV, Ollhoff RD, Sotomaior CS. *Monepantel resistant Trichostrongylus colubriformis in goats in Brazil.* (2018) Veterinary parasitology: regional studies and reports 11 ELSEVIER pp. 2-14 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405939017302253?casa_token=GtSFDuLdHWIAAAAA:kPrHiDx5FIFYi9Bv1pmP0wfdhB1BerGBB2y1u57LKp1s_iIEKfgEDafEKpZy_aW8XM-P32OEOpQ
 19. Cintra MCR, Teixeira VN, Nascimento LV, Sotomaior CS. *Lack of efficacy of monepantel against Trichostrongylus colubriformis in sheep in Brazil.* (2016) Veterinary Parasitology 216 ELSEVIER pp. 4-6 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401715300807?casa_token=DIbe2Bq33-MAAAAA:7EXjGQfDFD9jG5yioeNPrJmkgWY4V-GXpkkOtW0nNTEijm08y2uV4Cbbzw62S7aRLzFip9hvg0
 20. Coria CP. *La gobernanza multinivel en materia de medio ambiente y cambio climático: El caso de la delegación Milpa Alta.* (2016) Universidad Autónoma de la Ciudad de México pp. 43 -61 Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: https://repositorioinstitucionaluacm.mx/jspui/bitstream/123456789/340/3/PRI%20SCILA%20CORIA%20CARRASQUEDO_CPAU.pdf
 21. Cuellar-Ordaz JF, Tortora-Pérez J, Trejo-González A, Román-Reyes P. *La producción caprina mexicana, particularidades y complejidades.* (2012) 1ª ed. UNAM Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. pp. 41-58
 22. Desdémona-Martínez E, Ríos-Cruz DJ, Luis-Zamora H, Elorza-Colmenares E, Santiago-Luis EB. *Coeficiente de correlación de la coloración de la conjuntiva de la mucosa ocular FAMACHA® y la condición corporal de*

- borregas en Ocotlán de Morelos, valles centrales de Oaxaca.* (2019) Revista Mexicana de Agroecosistemas. 6 (2) pp. 874-881
23. Dias-e-Silva TP, Ventoso-Bompadre TF, Danasekaran-Kumar D, Sakita-Zanuto G, Abadilla-Filho AL, Jiménez-Rodríguez C, Brandao-de-Campos-Fonseca-Pinto AC, Talamini-do-Amarante FA, McManus C, Louvandini H. *Trichostrongylus colubriformis* infection: Impact on digesta passage rate and lamb performance. (2019) Veterinary Parasitology. Elsevier pp. 17-22
Citado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401719301621?casa_token=3R5kYgmhegkAAAAA:excS7B2hIUqtaK1MHWImLNH851TpeT7LkzzWvX3IFETIGPIB5zuwZ18wJT1x1a5jZPHpAuagIWM
 24. Elseadawi R, Abbas I, Al-Araby M, Hildreth BM, Abu-Elwafa S. *First evidence of Teladorsagia circumcincta* infection in sheep from Egypt. (2019) Journal of Parasitology 105 (4) 484-490 Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/journal-of-parasitology/article-abstract/105/4/484/420625/First-Evidence-of-Teladorsagia-circumcincta>
 25. Espinoza-Canales A, Gutiérrez-Bañuelos H, Sánchez-Gutiérrez RA, Muro-Reyes A, Gutiérrez-Piña RJ, Corral-Luna A. *Calidad de forraje de canola (Brassica napus L.) en floraciones temprana y tardía bajo condiciones de temporal en Zacatecas, México.* (2017) Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 8 (3) pp. 243-248
 26. Figueroa-Antonio A, Pineda-Rodríguez S, Godínez-Jaime F, Vargas-Álvarez D, Rodríguez-Bataz E. *Parásitos gastrointestinales del ganado bovino y caprino en Quechultenango, Guerrero, México.* (2018) Agroproductividad Vol 4 pp. 97-104 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/438/318>
 27. Follak S, *Distribution and small-scale spread of the invasive weed Solanum carolinense in Austria.* (2020) Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 50 (2) pp. 322-326 Consultado: Enero 2022 Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/epp.12644?casa_token=njxEUwm12gIAAAAA:0msndRU-A2DLjoWTYzAYGRWCswJLSn22pWiPGCbUO3DEr9uc4s8Cukc40VTBbMKosQo3sggUijwCl6Xf
 28. Ghosh GP, Datta S, Mandal D, Das AK, Roy DC, Roy A, Tudu, NK. *Body condition scoring in goat: Impact and significance.* (2019) Journal of Entomology and Zoology Studies pp. 554-560. Citado: Diciembre 2020 Disponible en: <https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartJ/7-2-62-202.pdf>
 29. Gárate-Gallardo, L., de Jesús Torres-Acosta, J. F., 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.
 30. González-Reyes L. *Determinación de umbrales óptimos para un esquema de desparasitación selectiva en cabras en el altiplano mexicano.* (2021) Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM Ciudad de México 62 Pag.

31. Hernández-Valle VC. *Condición corporal e ingestión voluntaria como base para el manejo de los sistemas de alimentación integral en cabras*. (2016) XIII congreso internacional del borrego y la cabra CIBO. 12 pag. Citado: Diciembre 2021 Disponible en: http://www.borrego.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/sistemas_de_alimentacion_integral_en_las_cabras_en_unidades_de_produccion_cero_pastoreo.pdf
32. Herrera-Manzanilla FA, Ojeda-Robertos NF, González-Garduño R, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JF. *Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico*. (2017) *Veterinary parasitology: regional studies and reports* ELSEVIER pp. 29-33 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405939016302088?casa_token=mxJG11HBO7QAAAAA:cQ7uNpH0o9Mmrnlj_ULgTiGFo1OQnl4Bvfij9sPw1yo6WxbsnsX3ilaHpVEi01IQ6uY3tO1NHN8
33. Hoste H, Le Frileux Y, Pommaret A. *Distribution and repeatability of faecal egg counts and blood parameters in dairy goats naturally infected with gastrointestinal nematodes*. (2001) *Research in Veterinary Science* 70(1) pp. 57-60
34. Hoste H, Chartier C. *Perspectives de lutte contre les strongyloses gastro-intestinales des ruminants domestiques*. (1997) Point Vétérinaire, Wolters Kluwer France 28 pp.1963-1969. (hal-02699277)
35. Hubert J, Carvalho-Costa FA. *Status of benzimidazole resistance in intestinal nematode populations of livestock in Brazil: a systematic review*. (2017) *BMC Veterinary Research* 13: 358 10 Pag. Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12917-017-1282-2.pdf>
36. Humberto-Suárez V, Hechazú F, Quiroga-Roger JA, Emilio-Viñaval A. *Parásitos internos de caprinos y ovinos en las regiones de quebradas áridas y la Puna de Jujuy (Argentina)*. (2018)
37. INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Anuario estadístico y geográfico de la Ciudad de México 2017/Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. México 206 pag.
38. Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094683.pdf
39. Irazabal-Léctor MA. *Eficacia del closantel en el control de Fasciola hepática en ovinos de Cajamarca*. (2019) Universidad Nacional de Cajamarca- Perú Escuela de Posgrado 57 Pag. Consultado: Enero 2021 Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3511/TESIS%20Dr.%20Adolfo%20Iraz%20C3%A1bal%20L%20C3%A9ctor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
40. Isidro-Requejo LM, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Salinas-González H, Velez-Monroy LI, Chávez-Solís AU, Pastor-López FJ. *Suplementación pre y postparto durante la estación lluviosa en cabras locales del norte de México*. (2017) *Revista Electrónica Nova Scientia* Vol 9 (2) pp. 133-153 Consultado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/b9c6/be10e8cfd344e3940c01ead09cba2f408da6.pdf>

41. Joya-Cárdenas CA. *Guía para el control de nemátodos gastrointestinales en ovino caprinos*. (2018) Servicio nacional de aprendizaje (SENA). Centro agro empresarial y turístico de los Andes. 39 pag. Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7237>
42. Lagunes-Rivera SA, *Prevalencia e identificación de nematodos gastroentéricos y coccidias en rebaños caprinos del estado de Puebla*. (2014) Colegio de Posgraduados 89 pag. Consultado Junio 2022, Disponible en: http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2354/Lagunes_Rivera_SA_MC_EDAR_%202014.pdf?sequence=1
43. Manuel-Michuit S, Silvina-Fernández A, Eduardo-Stefan P, Riva E, Alberto-Fiel C. *Anthelmintic resistance: Management of parasite refugia for Haemonchus contortus through the replacement of resistant with susceptible populations*. (2018) Veterinary Parasitology (254) pp. 43-48
44. Márquez-Lara D, Jiménez-Pallares G. *Epidemiología y parasitismo gastrointestinal en bovinos*. (2017) Sitio argentino de producción animal. 23 p. Citado: Diciembre 2021 Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/215-Epidemiologia_y_control.pdf
45. Martínez-Grimaldo RE, Quiroz-Rocha GF, Domínguez Y. *Determinación de límites de referencia de analitos hematológicos en cabras lecheras adultas en el Altiplano Mexicano*. (2018) Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia 65 (2) pp. 121-129
46. Martínez-Ortiz-de-Montellano C. *Umbrales económicos para desparasitar contra helmintos en rumiantes*. (2014) Memorias de 22 va. Reunión Anual CONASA
47. Munguía-Xóchihua J, Navarro-Grave R, Hernández-Chávez J, Molina-Barrios R, Cedillo-Cobian J, Granados-Reyna Jesus. *Parásitos gastroentéricos, población haemonchus contortus en caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México*. (2018) Abanico Veterinario 8 (3) pp. 42-50
48. Niec, R. *Cultivo e Identificación de Larvas Infectantes de Nematodes Gastrointestinales del Bovino y Ovino*. (1968) Red de Helminología para América latina y el Caribe.
49. National Research Council of the National Academies (NRC). *Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids, and new world camelids*. (2007) The National Academies Press. Washington D.C. pp. 271-292
50. Olazarán-Jenkins S, López-Arellano M, Cedillo-Borda M, Mendoza-de-Gives P, Olmedo-Juárez A. *Eficacia antihelmíntica en campo por FECRT y confirmación de resistencia a bencimidazol por AS-PCR en nematodos de ovinos en Puebla, México*. (2019) Revista Académica de Ciencia Animal. 17 (Supl. 1) pp. 434-436
51. Olivas-Salazar R, Aguilar-Caballero AJ, Estrada-Angulo A, Mellado M, Castro-López BI, Ruíz-Zárate F, Gutiérrez-Blanco E. *Factores asociados a las infecciones de nematodos gastrointestinales en cabras lecheras pastoreando en pastizales semiáridos del noreste de México*. (2019) Tropical and Subtropical Agroecosystems 22 pp. 585-594

52. Ortiz-Morales O, Arias-Margarito L, López-Ojeda JC, Soriano-Robles R, Almaraz-Buendía I, Ramírez-Briebesca E. *Estudio descriptivo de la producción caprina tradicional en las regiones mixteca y valles centrales de Oaxaca, México.* (2021) *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8 (2) e2840 13 Pag.
53. Perpere A. *Gastroenteritis parasitaria bovina.* (2016) SENASA (Servicio nacional de calidad y sanidad agroalimentaria). Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/gastro.pdf>
54. Plumb CD. *Manual de Farmacología Veterinaria.* (2010) 6ª Ed. Intermédica Buenos Aires República Argentina.
55. Pugh DG, Baird AN. *Sheep and goat medicine.* (2012) 2ª ed. Ed. ELSEVIER Saunders Maryland Heights, Missouri 633 Pag.
56. Reyes-Guerrero ED, Olmedo-Juárez A, Mendoza-de-Gives P. *Control y prevención de nematodos en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México.* (2021) *Revista mexicana de ciencias pecuarias.* INIFAP pp 186-204 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/5840>
57. Rinaldi L. *The coprological diagnosis of gastrointestinal nematode infections in small ruminants.* (2014) Faculty of Veterinary Medicine Ghent University. Dissertation submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor. 182 Pag. Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://biblio.ugent.be/publication/5645001/file/5645017>
58. Robles-Robles JM, Hernández-Hernández JE, Moreno-Medina S, Ibarra-Flores FA, Martín-Rivera MH, Rodríguez-Castillo J. *Línea base de indicadores productivos y reproductivos de la caprinocultura de la mixteca poblana en México.* (2020) *Revista Mexicana de Agronegocios* Vol. 47 pp. 585-595 Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/141/14165939006/14165939006.pdf>
59. Rodríguez-Vivas IR. *Técnicas para el diagnóstico de parásitos con importancia en salud pública y veterinaria.* (2015) México: AMPAVE. Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal:101-118.
60. Salamanca-Sanabria JL. *Control de nematodosis entérica en ovinos de razas de pelo.* (2017) Universidad tecnológica y pedagógica de Colombia Facultad de ciencias agropecuarias. 78 Pag Consultado: Enero 2022 Disponible en: <http://164.132.137.216:8080/bitstream/001/2332/1/TGT-948.pdf>
61. Salgado-Moreno S, Carrillo-Díaz F, Escalera-Valera F, Delgado-Camarena C. *Pruebas para identificar ovinos resistentes a parásitos gastrointestinales en San Pedro Lagunillas Nayarit.* (2017) *Abanico Veterinario* 7 (3) pp. 63-71 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/abanico/av-2017/av173h.pdf>
62. SEDESOL. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social. *La caprinocultura en México.* (2017) Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>
63. Selemón M. *Review on control of Haemonchus contortus in sheep and goat.* (2018) *Journal of Veterinary Medicine and Research.* SciMedcentral. 5(5)

- Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US2019V00205>
64. Sepúlveda-Vázquez J, Lara-del-Río MJ, Quintanal-Franco JA, Alacraz-Romero RA, Vargas-Magaña JJ, Rodríguez-Vivas RI, Ojeda-Chi M, Torres-Acosta JFJ, Huchin-Cab M. *Resistencia a los antihelmínticos de nematodos gastrointestinales en ovinos de la península de Yucatán, México.* (2017) Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México. Universidad Juárez del estado de Tabasco. Pp. 199-202
 65. Sréter T, Molnár V, Kassai T. *The distribution of nematode egg counts and larval counts in grazing sheep and their implications for parasite control.* (1994) International Journal of Parasitology, 103-108. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8021097/>
 66. Taylor MA, Coop RL, Wall RL. *Veterinary Parasitology.* (2017) 4ta Ed. Guanabara Koogan 1032 Pag.
 67. Terrones VR, Chávez VA, Pinedo VR. *Evaluación de la eimeriasis caprina en cuatro distritos del departamento de Ica, Perú.* (2020) Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú. Vol. 31 (4) Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v31n4/1609-9117-rivep-31-04-e19021.pdf>
 68. Teuber KN, Balocci LO, Parga MJ. *Manejo del pastoreo.* (2007) Imprenta América Fundación para la Innovación agraria (FIA) Osorno, Chile 124 Pag.
 69. Torres-Acosta JFJ, Hoste H, Sandoval-Castro CA, Torres-Fajardo RA, Ventura-Cordero J, Gonzáles-Pech PG, Mancilla-Montelongo MG, Ojeda-Robertos NF, Martínez-Ortiz-de-M C. *El "Arte de la Guerra" contra los nematodos gastrointestinales en rebaños de ovinos y caprinos del trópico.* (2019) Revista académica ciencia animal. 17 (Supl 1) pp. 39-46
 70. Torres-Acosta JFJ, Pérez-Cruz M, Kanul-ku HL, Soto-Barrientos N, Cámara-Sarmiento R, Aguilar-Caballero AJ, Lozano-Argáes I, Le-Bigot C, Hoste H. *Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats.*(2014) Small ruminant research. Citado: Diciembre 2020 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448814000534>
 71. Torres-Acosta., Cámara-Sarmiento R., Aguilar-Caballero. A. J., Kanul-ku H. L., & Pérez-Cruz. M. (2009). *Estrategias de desparasitación selectiva dirigida.* Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Yucatán. Citado: Enero 2021 Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ramon_Camara-Sarmiento/publication/301356894_Estrategias_de_desparasitacion_selectiva_dirigida_En_Avances_en_el_control_de_la_parasitosis_gastrointestinal_de_ovinos_en_el_tropico/links/5716328008aebf0697f18511.pdf
 72. Torres-Chable OM, García-Herrera RA, González-Garduño R, Ojeda-Robertos NF, Peralta-Torres JA, Chay-Canul AJ. *Relationships among body condition score, FAMACHA© score and haematological parameters in Pelibuey ewes.* (2020) Tropical Animal Health and Production 52 pp. 3403–3408
 73. van Wyk, JA, Bath GF. *The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment.*

- (2002) *Veterinary research* 33 509-529. Citado: Enero 2021 Disponible en: <https://www.vetres.org/articles/vetres/abs/2002/05/08/08.html>
74. van Wyk JA, Cabaret J, Michael LM. *Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified*. (2004) *Veterinary Parasitology* 119 pp. 277-306
75. Vercruysse J, Charlier J, Van Dijk J, Morgan RE, Geary T, Samson-Himmelstjerna G, Clarebout E. *Control of helminth ruminant infections by 2030*. (2018) *Parasitology* 145 pp. 1655–1664. Citado: Diciembre 2021 Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/control-of-helminth-ruminant-infections-by-2030/5E2B8A7B2CFF4E9A7AEA35E33FC7AD9A>
76. Wood IB, Amaral NK, Bairden K, Duncan JL, Kassai T, Malone JB, Pankavich JA, Reinecke RK, Slocomb O, Taylor SM, Vercruysse J. *World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine)*. (1995) *Veterinary Parasitology* ELSEVIER pp. 181-213
77. Zamora-Juárez YG. *Evaluación de cuatro variedades de gramíneas bajo pastoreo de praderas por vacas lecheras en el primer tercio de lactación en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México*. (2018) Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México 50 Pag Consultado: Enero 2022 Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/159384210>
78. Zapata-Campos CC, Mellado-Bosque. La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. (2020) *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias* 15 (2) pp. 169-185 <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v15n2/2007-7858-cuat-15-02-169.pdf>
79. Zárate-Rendón D, Rojas-Flores J, Segura-Hong A. *Validación del método FAMACHA® para dosificación antihelmíntica selectiva en rebaños caprinos lecheros*. (2017) *Revista Investigación Veterinaria Perú* 28(1) pp. 150-159 Citado: Diciembre 2021 Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172017000100016&script=sci_arttext&lng=en