



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



IDENTIFICACIÓN DE OVINOS RESISTENTES A NEMATODOS

GASTROINTESTINALES

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

JIMENA GISELLE CASTELLANOS VÁZQUEZ

ASESORES:

JULIO CERVANTES MORALI

JUAN ANTONIO FIGUEROA CASTILLO

RAÚL ULLÓA ARVÍZU



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

A MI FAMILIA Y TODAS LAS PERSONAS QUE ME APOYARON PARA LOGRAR
MIS SUEÑOS

A MI QUERIDA UNAM, ASÍ COMO AL DEPTO. DE PARASITOLOGÍA Y
C.E.I.E.P.O.

A MIS ASESORES POR SU ESFUERZO Y A MIS COMPAÑEROS QUE ME
AYUDARON A REALIZAR EL TRABAJO

CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. HIPÓTESIS	9
4. OBJETIVOS	9
5. MATERIAL Y MÉTODOS	10
6. RESULTADOS	13
7. DISCUSIÓN	22
8. CONCLUSIÓN	23
9. REFERENCIAS	24

RESUMEN

Con el objetivo de comparar el grado de resistencia a la infección natural con nematodos gastrointestinales (NGI) entre cinco razas ovinas y comparar cuatro criterios de punto de corte para la identificación de animales resistentes, se analizó una base de datos con los resultados de los exámenes coproparasitológicos, realizados al rebaño del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina. (C.E.I.E.P.O.) de la UNAM. Se consideraron los datos de 177 ovejas de las razas Dorset (35), Suffolk (45), Hampshire (34), Katahdin (40) y cruza F1 (Dorset x East Friesian) (23), del mes de junio del 2016 a enero 2017, se analizaron mediante el procedimiento de estimación de ecuación generalizada, en un modelo de medidas repetidas. Se observaron diferencias entre razas ($P < 0.0001$) para la eliminación de huevos por gramo de heces (hpgh). La raza Katahdin y la F1 presentaron los valores de eliminación de huevos más bajos, sin diferencias estadísticas entre ellas ($P = 0.24$), pero si con Dorset ($P = 0.015$) y con Hampshire y Suffolk ($P < 0.0001$). La F1 presentó valores similares a la Dorset ($P = 0.15$) pero fue inferior al Hampshire y Suffolk ($P < 0.01$); mientras que entre las razas de origen inglés no se observaron diferencias ($P > 0.05$). Para asignar el estatus de resistente o susceptible de cada raza, se establecieron cuatro puntos de corte basados en la eliminación de huevos de nematodos gastrointestinales. Se concluye que la raza Katahdin y F1 fueron más resistentes que las razas de lana y que el punto de corte para establecer resistencia a NGI varió de acuerdo al criterio utilizado. Mientras mas estricto sea el criterio, habrá mayor presión de selección genética.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la producción ovina a nivel mundial son las parasitosis causadas por nematodos gastrointestinales (NGI), cuyo impacto médico y económico se observa particularmente en los sistemas de pastoreo. En ocasiones el cien por ciento del rebaño se encuentra infectado y sin medidas de control la mortalidad en animales jóvenes puede llegar hasta un 60% (Nari, 2011).

Los ovinos pueden albergar simultáneamente varias especies de NGI, entre los géneros más comunes se encuentran: *Teladorsagia*, *Trichostrongylus*, *Chabertia*, *Strongyloides*, *Oesophagostomum* y *Haemonchus*. Estos parásitos difieren en patogenicidad e impacto en el rendimiento productivo del hospedero (Balic *et al.*, 2000). Las nematodosis gastrointestinales se caracterizan por provocar un síndrome de mala digestión, y anemia; que se reflejan en bajos índices de crecimiento, ganancia de peso y fertilidad, así como en la disminución de la producción de carne, leche y lana. (Chiejina, 1994; Gasbarre, 2000).

En la mayoría de las producciones el tratamiento, prevención y control se basan en el empleo de antihelmínticos. Por su gran disponibilidad y amplio espectro, los bencimidazoles y las lactonas macrocíclicas son los antiparasitarios más empleados, sin embargo, su aplicación reiterada ha ocasionado la selección de poblaciones de nematodos resistentes, convirtiéndose en un problema emergente a nivel mundial.

La resistencia a los antihelmínticos se define como el aumento significativo de individuos capaces de tolerar niveles del fármaco que ha probado ser letal para la mayoría de los nematodos. Algunos factores que favorecen la resistencia a los antihelmínticos son:

- Uso reiterado del mismo principio activo.
- Mala dosificación del producto por no conocer el peso de los animales.
- El empleo inadecuado del fármaco.
- Agotamiento del refugio (huevos y larvas que no son afectados directamente por el antihelmíntico) (Nari, 2011).

Esta situación ha propiciado la investigación de métodos de control menos dependientes de antihelmínticos, como es la cría selectiva de animales con mayor grado de resistencia a los nematodos (Torres-Acosta, 2008).

Se define como resistencia a nematodos, a la habilidad de un hospedero para iniciar y mantener una respuesta, que evite o reduzca el establecimiento de los parásitos (Albers y Gray 1987, Woolaston y Baker, 1996,).

Un animal resistente alberga menos parásitos y en consecuencia, elimina menos huevos en las heces, reduciendo la contaminación de los pastos. La resistencia a nematodos es una característica con heredabilidad moderada a alta (0.16 a 0.5). En la actualidad no se ha determinado con precisión qué confiere resistencia a los ovinos contra los nematodos, sin embargo, se han identificado varios factores involucrados (Figueroa, 2004).

Sexo

Luffau *et al.* (1990) observaron que la autocura (relacionada estrechamente con la resistencia) es más evidente en las ovejas Merino que en los machos de la misma raza y edad. De igual manera se estimó que la respuesta inmune es más temprana en las hembras que en los machos ovinos. Palomo *et al.*, (2016) sugirieron que el diferente estado hormonal de los individuos puede afectar las respuestas inmunológicas de corderos a *Haemonchus contortus*.

Edad

Los corderos presentan menor resistencia a la infección que los ovinos adultos. Courtney *et al.* (1985) encontraron que los corderos Dorset, Suffolk y Finnsheep parecían ser más resistentes después de la pubertad aproximadamente 8 a 9 meses de edad, que los corderos más jóvenes.

Gamble y Zajac (1992) indican que la edad afectaba la resistencia a una infección primaria en razas como St. Croix y Dorset, lo cual se refleja en la menor producción de huevos en corderos mayores a 15 semanas de edad en comparación con los corderos más jóvenes (8 semanas de edad). Kambara *et al.* (1993) encontraron que la raza Dorset de 8 a 20 semanas de edad fueron más susceptibles que las ovejas mayores cuando ambos fueron criados con una dieta baja en proteínas.

Los corderos más jóvenes parecen no ser capaces de montar una respuesta inmune contra el parásito y por lo tanto son menos resistentes.

La resistencia mejora con la edad, por lo tanto, generalmente los adultos tienen cuentas de huevos en las heces más bajas que los corderos. (Vanimisetti, 2004).

Estado nutricional

El vínculo más fuerte entre la nutrición y el parasitismo se observa entre la ingesta de proteínas y la resistencia a NGI. La inmunidad está estrechamente relacionada con la repleción de proteínas, los NGI aumentan la demanda de aminoácidos en las ovejas. Una de las primeras respuestas del animal es disminuir la ingesta de alimento, por lo que se plantea la hipótesis de que la anorexia puede ser inmunoestimulante o que el huésped se está volviendo selectivo en sus dietas. Los corderos seleccionarán voluntariamente una dieta de proteínas más alta cuando se infecten con NGI en comparación a corderos no infectados. Por otro lado, se ha demostrado que la complementación mineral con fósforo previene el establecimiento de NGI. La deficiencia de cobalto y los niveles de cobre también se han asociado con la inmunidad disminuida a NGI (Fleming, 2006).

Inmunidad

Las ovejas responden a la infección por parásitos gastrointestinales montando una respuesta inmune que afecta al parásito de varias maneras, esta respuesta inmune se ha reportado como adquirida (Bishop, 2012, Gamble y Zajac, 1992). Esto significa que, en la mayoría de los casos, una primera infección conduce a una mayor cuenta de huevos en las heces y/o menor hematocrito en comparación con las infecciones posteriores a NGI. Así mismo, se ha observado que a nivel celular, *Haemonchus contortus* produce una respuesta que se caracteriza por un

mayor número de leucocitos y eosinófilos en la mucosa abomasal, estos son responsables de la expulsión de los NGI y evitan el establecimiento de los parásitos juveniles (Balic *et al.*, 2000). La sensibilización de los mastocitos en la mucosa gastrointestinal se ha asociado con el desarrollo de la resistencia durante la infección primaria, por lo tanto, las ovejas resistentes tienen un mayor número de estas células en comparación con las ovejas susceptibles. (Alba *et al.*, 2013).

Zhengyu *et al.*, (2016) sugieren que las razas ovinas de pelo en comparación a las de lana, presentan mayor resistencia a *H. contortus* gracias a varios eventos conjuntos, como son: una respuesta inflamatoria aguda, activación del complemento, proliferación celular acelerada y reparación del daño tisular e inmunidad dirigida contra la fecundidad del parásito.

Variaciones raciales

Existe evidencia de que el grado de resistencia (y susceptibilidad) a NGI varía entre razas de la especie ovina, se menciona de manera general que las razas ovinas de pelo, tienen un mayor grado de resistencia a NGI que las razas de lana. Alba *et al.*, (2013) y Zvinorova *et al.*, (2016) hacen una recopilación de estudios donde se compara la resistencia entre diferentes razas ovinas mantenidas en condiciones diversas de pastoreo, destacando: a la raza Red Masaai que es más resistente que la Somali, Dorper y Romney Marsh; la Santa Inés, más resistente que Ile de France y Suffolk; la Barbados más resistente que la raza sintética INRA401 y la Texel, más resistente que la raza Suffolk, entre otras comparaciones.

En México, también se han encontrado diferencias en la resistencia a NGI entre razas ovinas. Por ejemplo: Alba *et al.*, (2010) observaron que la raza Suffolk era más susceptible a la infección por *Haemonchus contortus* en comparación a las razas del Altiplano Mexicano.

Por otra parte, Figueroa (2011) señala que aún dentro de una misma raza considerada resistente como la Tabasco o Pelibuey, es posible encontrar individuos resistentes y susceptibles a la infección por *Haemonchus contortus*. Lo mismo ocurre en razas consideradas susceptibles como la Suffolk o Rambouillet. De hecho se estima que en cualquier rebaño de cualquier raza existe de un 20 % a un 25% de animales resistentes (Eady *et al.*, 1996; Palomo *et al.*, 2016).

Los criterios para la identificación de animales resistentes a nematodos, utilizados en los trabajos anteriores, se basó en la eliminación de huevos en las heces después de una o varias infecciones naturales, artificiales (o ambas) con larvas de NGI. El punto de corte (valor de eliminación de huevos que nos permite clasificar a un animal como resistente o susceptible), es diferente en cada investigación y varía de acuerdo al criterio utilizado. Por ejemplo: Figueroa, (2004) utiliza el método de conglomerados para establecerlo; Palomo *et al.*, (2016) consideran resistentes a los animales cuya eliminación de huevos se encuentre dentro del primer cuartil, o a los que tuvieron eliminaciones de huevos menores al promedio general menos un error estándar. En contraste Ojeda-Robertos *et al.*, (2017) transforman la eliminación de huevos en $(\log_{10} \text{eliminación de huevos} + 1)$ menos dos errores estándar para identificar a los individuos resistentes.

En la mayoría de los trabajos revisados no indican cual es punto de corte, solo refieren que los resistentes eliminan menor cantidad de huevos en las heces. En el presente estudio se consideró relevante comparar cuatro criterios para establecer ese punto de corte y comparar la resistencia entre las razas de una unidad de producción ovina.

II. HIPÓTESIS

- Existe diferente grado de resistencia a NGI entre las razas ovinas Suffolk, Hampshire, Dorset, Katahdin y la cruce F1 (Dorset x East Friesian) que conviven entre si en un mismo medio.
- Existe variación en los criterios para establecer los puntos de corte para determinar la resistencia a NGI.

III. OBJETIVO GENERAL

Identificar grupos raciales resistentes a la infección natural con nematodos gastrointestinales que conviven en un mismo entorno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Comparar el grado de resistencia a la infección natural con nematodos gastrointestinales entre las razas criadas en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina. (C.E.I.E.P.O.) .
2. Comparar los siguientes cuatro criterios de punto de corte para la identificación de animales resistentes, utilizando la eliminación de huevos de cada individuo con el promedio de siete muestreos mensuales (junio del 2016 a enero del 2017).
 - a. Eliminación de huevos de NGI igual o menor a 500 hpgh (R500).
 - b. Eliminación de huevos de NGI del primer cuartil (RQ1).
 - c. Eliminación de huevos de NGI menor al promedio de la raza (X raza).
 - d. Conglomerados.

IV. MATERIAL Y METODOS

Para la realización del presente estudio, se utilizó la base de datos generada por el servicio de diagnóstico a los CEIE (Centros de Enseñanza Investigación y Extensión), proporcionado por el Departamento de Parasitología FMVZ-UNAM. Esta base se conforma de los resultados de los análisis de muestras fecales realizados mensualmente a la totalidad de los vientres y reemplazos hembras del C.E.I.E.P.O., dependiente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ubicado en km 53.1 carretera Federal México-Cuernavaca, Municipio de Huitzilac, Estado de Morelos C.P. 62515.

Se consideraron los datos de 177 ovejas de las razas Dorset (35), Suffolk (45), Hampshire (34), Katahdin (40) y cruza F1 (Dorset x East Friesian) (23) del mes de junio del 2016 a enero 2017.

Para asignar el estatus de resistente o susceptible de cada raza, se estimó el promedio de huevos por un gramo de heces (hpgh) (promedio de los 7 muestreos mensuales) y se establecieron los siguientes puntos de corte:

1. **R500.** Se consideraron resistentes los individuos cuyo promedio de eliminación de huevos de NGL fuera igual o menor a los 500 hpgh. El resto como susceptibles. Se utilizó el corte en 500 hpgh ya que se estima que apartir de esta cifra se presentan bajas en parametros productivos en las ovejas.
2. **RQ1.** Se clasificaron como resistentes a los animales que su promedio de hpgh se ubicó dentro del primer cuartil.

3. **PROMEDIO RAZA.** Se identificaron como resistentes a los animales con promedio de huevos iguales o menores al promedio de eliminación de huevos de la raza.
4. **Conglomerados.** Se crearon dos conglomerados utilizando el método de KMEANS con restricción a dos grupos. El grupo con menor promedio de hpgh se reconoció como resistente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis exploratorio de datos (tendencia central y de dispersión) en cada una de las razas de ovejas utilizadas.

Para determinar las diferencias en la eliminación de hpgh debidas a raza y mes del año se empleó el procedimiento de estimación de ecuación generalizada, en un modelo de medidas repetidas que incluía el efecto de raza, mes de medición, la interacción mes × raza y el efecto de la oveja (aleatorio) dentro de cada mes. Para la selección del mejor modelo y la estructura de correlación con el mejor ajuste, se utilizó una extensión del criterio de información de Akaike llamado cuasi-verosimilitud bajo el criterio del modelo de independencia corregida (QICC) incluido en el procedimiento GLIN del SPSS versión 22.

El modelo que mejor se ajustó para el conteo de la eliminación de huevos en las heces, se logró con la distribución de probabilidad Poisson con la función de enlace (LINK) Loglineal y la estructura de la correlación matricial fue Auto Regresiva de primer orden (AR(1)).

Para ajustar el nivel de significancia en comparaciones múltiples, las diferencias entre razas fueron hechas por pares utilizando el método de Bonferroni; mientras que para evaluar las diferencias entre meses adyacentes se empleó contrastes de efectos repetidos utilizando la corrección de Bonferroni.

V. RESULTADOS

Se observaron diferencias entre razas ($P < 0.0001$) para la eliminación de hpgh.

En el Cuadro 1 se presentan las medias marginales estimadas. La raza Katahdin y la F1 presentaron los valores de eliminación de huevos más bajos, sin diferencias estadísticas entre ellas ($P = 0.24$), pero sí con Dorset ($P = 0.015$), con Hampshire y Suffolk ($P < 0.0001$). La F1 presenta valores similares a la Dorset ($P = 0.15$) pero fue inferior al Hampshire y Suffolk ($P < 0.01$); mientras que entre las razas de origen inglés no se observaron diferencias ($P > 0.05$).

La interacción de raza por mes del año fue significativa ($P < 0.0001$) y esto fue debido básicamente a que el Suffolk presenta un conteo muy elevado en el mes de agosto (2597 ± 1031 hpgh) y en enero (2651 ± 859 hpgh).

Por otro lado, la Katahdin presentó una elevación muy importante en el mes de enero (1269 ± 374 hpgh) la cual fue superior a la F1 ($P < 0.05$) y similar a la Dorset ($P > 0.05$), estas razas (Katahdin y Dorset) son las que presentaron un coeficiente de variación más elevado a comparación con las demás, éste indica la homogeneidad en la eliminación de huevos por gramo de heces en cada raza por sus individuos.

Cuadro 1. Medias marginales estimadas y error estándar de eliminación de huevos de NGI por raza y mes del año.

MES DE ESTUDIO	DORSET hpgh Media ± ee	F1 hpgh Media ± ee	HAMPSHIRE hpgh Media ± ee	KATAHDIN hpgh Media ± ee	SUFFOLK hpgh Media ± ee	TOTAL ME hpgh Media ± ee
JUNIO	260 ± 224	111 ± 74	260 ± 97	13 ± 8	441 ± 217	133 ± 37 ^a
JULIO	391 ± 248	65 ± 21	294 ± 89	11 ± 8	470 ± 146	132 ± 28 ^{ab}
AGOSTO	814 ± 252	687 ± 251	800 ± 196	98 ± 28	2597 ± 1031	647 ± 94 ^{cd}
SEPTIEMBRE	603 ± 366	215 ± 117	356 ± 78	38 ± 11	754 ± 207	265 ± 49 ^{ef}
OCTUBRE	337 ± 249	50 ± 24	491 ± 165	34 ± 14	516 ± 131	170 ± 36 ^{gh}
NOVIEMBRE	276 ± 115	222 ± 92	597 ± 192	523 ± 248	879 ± 281	441 ± 78 ^{ij}
ENERO	1161 ± 349	857 ± 284	2273 ± 1212	1269 ± 374	2651 ± 859	1500 ± 247 ^k
TOTAL RAZA	474 ± 134 ^{bc}	193 ± 53 ^{ab}	546 ± 111 ^c	73 ± 16 ^a	903 ± 180 ^c	
Coefficiente variación	28%	21%	20%	22%	20%	

Total raza: literales distintas entre columnas indican diferencias estadísticas para razas $P < 0.05$ con ajuste de Bonferroni.

Total mes: literales distintas entre renglones indican diferencias estadísticas para meses contiguos $P < 0.05$ con ajuste de Bonferroni.

Coefficiente de variación, la homogeneidad en la eliminación de huevos en cada raza por sus individuos.

En todos los meses de estudio se observaron huevos de estrogilidos en las heces de los ovinos ($P < 0.0001$). En el inicio del estudio, (junio) se presentó una media de 132 hpgh y conforme se establecía bien la época de lluvias el conteo se elevó hasta el mes de agosto donde se observó una media de 647 ± 94 hpgh.

Posteriormente hay una baja en el conteo y alcanza un máximo para el mes de enero (1500 ± 247 hpgh). A través del cultivo larvario, se identificaron siete géneros de estrogilidos. *Haemonchus spp.* fue el de mayor frecuencia, estuvo presente en todos los meses al igual que *Trichostrongylus*.

Chabertia spp. y *Nematodirus spp.* fueron los de menor frecuencia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Frecuencia de estrogilidos en ovinos del CEIEPO de julio de 2016 a enero de 2017.

Género Larvario	MESES DE ESTUDIO							TOTAL	%
	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	ENERO		
<i>Chabertia spp</i>	26	0	3	2	3	2	0	10	5.14
<i>Cooperia spp.</i>	2	3	2	2	0	30	30	67	10
<i>Haemonchus spp</i>	42	34	78	70	76	44	40	342	54.8
<i>Nematodirus</i>	0	2	4	1	0	1	1	9	1.2
<i>Oesophagostomum</i>	11	23	3	5	3	7	4	45	8
<i>Trichostrongylus</i>	19	38	10	15	10	8	19	100	17
<i>Teladorsagia spp.</i>	0	0	0	5	8	8	6	27	3.8

Proporción de NGI encontrados mensualmente en las muestras de los ovinos recolectadas en el periodo de muestreo.

En los Cuadros (3 al 7) se muestra que en cada genotipo el estatus de resistencia de las ovejas varía según el punto de corte utilizado, por lo tanto, un individuo considerado resistente bajo un criterio, con otro criterio puede ser susceptible o viceversa.

Cuadro 3. Distribución de ovejas Suffolk resistentes y susceptibles aplicando los cuatro criterios de punto de corte.

Estatus	MENOR 500 hpgh	PRIMER CUARTIL	PROMEDIO DE RAZA	CONGLOMERADOS
	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos
RESISTENTE				
N OVEJAS	23	12	31	42
PROMEDIO	198	67	378	822
MEDIANA	132	57	343	868
MINIMO	7	7	7	
MAXIMO	50023	142	1050	
SUSCEPTIBLE				
N OVEJAS	22	33	14	3
PROMEDIO	2133	1594	2979	6293
MEDIANA	1493	871	2179	1412
MINIMO	579	186	1286	
MAXIMO	7393	7393	7293	

Cuadro 4. Distribución de ovejas Dorset resistentes y susceptibles aplicando los cuatro criterios de punto de corte.

Estatus	MENOR 500 hpgh	PRIMER CUARTIL	PROMEDIO DE RAZA	CONGLOMERADOS
	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos
RESISTENTE				
N OVEJAS	23	9	23	29
PROMEDIO	118	10	118	234
MEDIANA	50	7	50	262
MINIMO	0	0	0	
MAXIMO	400	29	400	
SUSCEPTIBLE				
N OVEJAS	12	26	12	6
PROMEDIO	1375	736	1376	2069
MEDIANA	1046	368	1046	727
MINIMO	557	36	557	
MAXIMO	3029	3029	3029	

Cuadro 5. Distribución de ovejas Katahdin resistentes y susceptibles aplicando los cuatro criterios de punto de corte.

Estatus	MENOR 500 hpgh	PRIMER CUARTIL	PROMEDIO DE RAZA	CONGLOMERADOS
	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos
RESISTENTE				
N OVEJAS	33	10	28	37
PROMEDIO	114	9	72	178
MEDIANA	71	7	43	221
MINIMO	0	0	0	
MAXIMO	385	14	271	
SUSCEPTIBLE				
N OVEJAS	7	30	12	3
PROMEDIO	1080	374	778	1586
MEDIANA	771	196	639	110
MINIMO	607	21	329	
MAXIMO	1700	1700	1700	

Cuadro 6. Distribución de ovejas Hampshire resistentes y susceptibles aplicando los cuatro criterios de punto de corte.

Estatus	MENOR 500 hpgh	PRIMER CUARTIL	PROMEDIO DE RAZA	CONGLOMERADOS
	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos
RESISTENTE				
N OVEJAS	22	9	25	33
PROMEDIO	196	60	247	575
MEDIANA	168	64	207	672
MINIMO	0	0	0	
MAXIMO	492	121	721	
SUSCEPTIBLE				
N OVEJAS	12	25	9	1
PROMEDIO	1736	985	2110	6179
MEDIANA	1300	493	1650	0
MINIMO	514	143	914	
MAXIMO	6178	6179	6179	

Cuadro 7. Distribución de ovejas F1 (Dorset X E. Freisian) resistentes y susceptibles aplicando los cuatro criterios de punto de corte.

Estatus	MENOR 500 hpgh	PRIMER CUARTIL	PROMEDIO DE RAZA	CONGLOMERADOS
	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos	Eliminación de huevos
RESISTENTE				
N OVEJAS	19	6	16	19
PROMEDIO	142	7	97	142
MEDIANA	100	7	35	144
MINIMO	0	0	0	
MAXIMO	400	14	300	
SUSCEPTIBLE				
N OVEJAS	4	17	7	4
PROMEDIO	1139	424	814	1139
MEDIANA	1071	293	800	374
MINIMO	800	36	350	
MAXIMO	1614	1614	1614	

En el Cuadro 8, se muestra la distribución de ovejas resistentes y susceptibles a NGI por raza según el criterio empleado. El porcentaje de ovejas resistentes varía de acuerdo con el criterio utilizado.

El criterio Quartil 1 independientemente de la raza identifica aproximadamente al 25% de los animales como resistentes, mientras que el criterio por conglomerados identifica a la mayoría de los animales como resistentes (90%). Los criterios R500 y Promedio de raza, arrojan resultados similares entre sí (68 y 69 % respectivamente).

Cuadro 8. Variación del porcentaje de ovejas resistentes y susceptibles según el criterio aplicado.

Criterio	Estatus	Suffolk	Dorset	Katahdin	Hampshire	Cruza F1	Total
R500	Resistente	51%	66%	83%	65%	83%	68%
	Susceptible	49%	34%	18%	35%	17%	32%
Quartil 1	Resistente	27%	26%	25%	26%	26%	26%
	Susceptible	73%	74%	75%	74%	74%	74%
Promedio de raza	Resistente	69%	66%	70%	74%	70%	69%
	Susceptible	31%	34%	30%	26%	30%	31%
Conglomerados	Resistente	93%	83%	93%	97%	83%	90%
	Susceptible	7%	17%	7%	3%	17%	10%

VI. DISCUSIÓN

Se observó que la raza Katahdin fue más resistente que la Suffolk, Hampshire y Dorset, lo cual concuerda con otros estudios que comparan el grado de resistencia entre razas, que señalan que las razas de pelo son más resistentes que las ovejas de lana. La resistencia de algunas razas se explica por su lugar de origen, en general las razas que han estado expuestas a la infección con NGI a través de muchas generaciones, se han ido seleccionando de manera natural. (Alba-Hurtado y Muñoz-Guzman, 2010; Ojeda-Robertos *et al.*, 2017)

Se observaron dos picos de máxima eliminación de huevos de NGI, el primero en agosto posiblemente relacionado con el establecimiento de la temporada de lluvias y en pleno pastoreo. El segundo pico se observó en enero, que podría estar relacionado con el periodo de lactación de las ovejas, a pesar de coincidir con la época seca y las condiciones de lactancia que son en confinamiento presentando un menor riesgo a la contaminación y reinfección de NGI. Puede ser explicado por la baja del sistema inmunológico durante la lactancia, que por consecuencia, incrementa la eliminación de huevos de NGI. (Palomo-Couoh *et al.*, 2016).

En cuanto a los criterios de punto de corte, se observó que con cualquiera de los cuatro se pueden diferenciar a las ovejas resistentes y susceptibles, por lo tanto, cualquiera podría utilizarse adicionalmente en un programa de mejoramiento genético, que incluya la resistencia a NGI. Sin embargo, algunos de estos criterios son más flexibles (admiten un mayor número de individuos al elevar el punto de corte) o pueden ser más estrictos, con mayor presión de selección, por lo tanto, el

avance genético sería mayor, pero el número de individuos seleccionados sería menor.

VII. CONCLUSIÓN

Se concluye que la raza Katahdin y la cruce F1 resultaron más resistentes a NGI que las razas Dorset, Hampshire y Suffolk, pero dentro de cada raza existen individuos resistentes y susceptibles.

Mientras más estricto sea el método para establecer el punto de corte entre resistentes y susceptibles se realizará una mayor presión de selección y por lo tanto un avance genético mayor, sin embargo, el número de animales seleccionados será menor

VIII. REFERENCIAS

- Alba-Hurtado, Muñoz-Guzman, M.A., 2013. Immune responses associated with resistance to haemonchosis in sheep. *Biomed. Res. Int.* 2013, 162158. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/162158>.
- Alba-Hurtado, Romero-Escobedo F, Muñoz -Guzman EMA, Torres-Hernández G, Becerril-Pérez CM. 2010. Comparison of parasitological and productive traits of Criollo Lambs native to central Mexican Plateau and Suffolk lambs experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *ELSEVIER*. 172:277-282.
- Albers GAA, Gray GD. 1987. Breeding for worm resistance: a perspective. *International Journal of Parasitology*. 10.1016/0020-7519(87)90132-9 <http://thirdworld.nl/breeding-for-worm-resistance-a-perspective> [consulta: 06 oct. 2016].
- Balic, A., Bowles, V.M., Meeusen, E.N.T., 2000. The immunobiology of gastrointestinal nematode infection in ruminants. *Advanced Parasitology* 45, 181–241.
- Bishop, S.C., 2012. Possibilities to breed for resistance to nematode parasite infections in small ruminants in tropical production systems *Animal*, 6 (2012), pp. 741-747.

Chiejina, SN. 1994. Epidemiology of some helminth infections of domesticated animals in the tropics with emphasis on fasciolosis an parasitic gastroenteritis. En Heminthology. Narosa publishing House. India.

Courtney CH, Parker CF, McClure, KE, Herd RP. Resistance of exotic and domestic lambs to experimental infection with *Haemonchus contortus*. Int J Parasitol 1985;15: 101-1109.

Eady SJ, Woolaston RR, Mortimer SI, Lewer RP, Raadsma HM, Swan AA, Ponzoni RW. 1996. Resistance to nematode parasites in Merino sheep: sources of genetic variation. Australian Journal of Agricultural Research 47(6) 895 – 915. <http://www.publish.csiro.au/cp/AR9960895> [consulta: 06 oct 2016].

Figuroa C, JA. 2004. Cap. 1. Selección de ganado ovino con mayor grado de resistencia a *Haemonchus contortus* [tesis de doctorado]. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Figuroa C, JA. 2011. Association between major histocompatibility complex microsatellites, fecal egg count, blood packed cell volume and blood eosinophilia in Pelibuey sheep infected with *Haemonchus contortus*. ELSEVIER. 177, Issues 3–4, (339-344). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401710007065> [consulta: 06 oct 2016].

- Fleming SA, Craig T, Kaplan RM, Miller JE, Navarre C, Rings M. 2006 Anthelmintic resistance of gastrointestinal parasites in small ruminants. *J Vet Intern Med* 20(2): 435-444. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1939-1676.2006.tb02881.x>. PMID:16594607. Fortes FS, Molento MB. Resis.
- Gamble, H.R., Zajac, A.M., 1992. Resistance os St. Croix lambs to *Haemonchus contortus* in experimentally and naturally acquired infeccions. *Vet. Parasitol.* 41, 211-225.
- Gasbarre LC, Miller JE. 2000. Genetics of helminth resistance, 2 ed. Axford RFE et. Al. CABI Publishing. UK. Infections in small ruminants in tropical production systems. *Animal* 6 (Special Issue 05), 741–747.
- Kambara T, McFarlane RG, Abell TJ, McAnulty RW, Sykes AR. The effect of age and dietary protein on immunity and resistance in lambs vaccinated with *Trichostrongylus colubriformis*. *Int J Parasitol.* 1993;23:471–476. doi: 10.1016/0020-7519(93)90035-W. [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)].
- Luffau G, Vu Tien Khang J, Bouix J, Nguyen TC, Cullen P, Ricordeau G. Resistence to experimental infections with *Haemonchus contortus* in Romanov sheep. *Genet Sel Evol.* 1990; 22 :205-229.
- Nari, 2011. Towards sustainable parasite control practices in livestock production with emphasis in Latin America, *Pub Med.* 180(1-2):2-11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21723040> [consulta: 02 oct 2016].
- of *Animal Science* 82, 1602–1611.

- Ojeda-Robertos, N.F., Torres Acosta, J.F.J., González-Garduño, R., Notter, D.R. 2017. Phenotypic expression of parasite susceptibility to *Haemonchus contortus* in Pelibuey sheep. ELSEVIER. 239, P. 57-61.
- Palomo-Couoh, A.J. Aguilar-Caballero, J.F.J. Torres-Acosta, J.G. Magaña-Monforte.2016. Evaluation of different models to segregate Pelibuey and Katahdin ewes into resistant or susceptible to gastrointestinal nematodes. Trop Animal Health Prod. DOI. 10.007/s11250-016-1122-6.
- Torres-Acosta JFJ, Hoste H. Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. Small Ruminant Res 2008;(77):159-173.
- Vanimisetti, H.B., Andrew, S.L., Zajac, A.M., Notter, D.R., 2004. Inheritance of fecal egg count and packed cell volume and their relationship with production traits in sheep infected with *Haemonchus contortus*. Pub Med. 82(6):1602-11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15216985> [consulta 06 oct. 2016].
- Woolaston RR, Baker RL. 1996. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. Pub Med. 26(8-9):845-55 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8923134> [consulta: 06 oct. 2016].

Zhengyu Guo, Jorge Francisco González, Julia N. Hernandez, Tom N. McNeilly, Yolanda Corripio-Miyar, David Frew, Tyler Morrison, Peng Yu and Robert W. Li, 2016. Possible mechanisms of host resistance to *Haemonchus contortus* infection in sheep breeds native to the Canary Islands, *Scientific Reports*, **6**, 1,.

Zvinorova PI, T.E. Halimani, F.C. Muchadeyi. O. Matika, V. Riggio. K. Dzama. 2016. Breeding for resistance to gastrointestinal nematodes - the potential in low-input/output small ruminants production system. *ELSEVIER*. 225: 19-28.