

Evaluación de la eficacia y persistencia de la moxidectina (10%) e ivermectina (3,15%) contra infecciones naturales de nematodos gastrointestinales en bovinos del trópico mexicano

Evaluation of the efficacy and persistence of moxidectin (10%) and ivermectin (3.15%) against natural infestation of gastrointestinal nematodes in cattle from the Mexican tropics

RI Rodríguez-Vivas*, CG Castillo-Chab, JA Rosado-Aguilar, MM Ojeda-Chi

Departamento de Salud Animal y Medicina Preventiva, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México.

SUMMARY

The efficacy and persistence of ivermectin-3.15% (IVM-3.15%) and moxidectin-10% (MOX-10%) against natural infections of gastrointestinal nematodes (GIN) in cattle in the Mexican tropics were evaluated. Thirty-three heifers were divided into three groups of 11 animals each, receiving the following treatments: group one treated with IVM-3.15% (0.63 mg/kg bw) subcutaneously, group two was treated with MOX-10% (1.0 mg/kg bw) subcutaneously, and group three was the untreated control group. The egg counts per gram of feces were determined by McMaster test on days 0, 3, 7, 14, 35, 56, 63, 70, 77, 84, 91 and 98 post-treatment (PT). Also, larval cultures were performed to identifying L₃ nematodes from the strongylida order by the Corticelli-Lai technique. IVM-3.15% and MOX-10% had similar efficacy (P < 0.001) from day 3 to 70 PT (100-75.7% and 100-93.1% respectively). MOX-10% showed greater persistence than IVM-3.15% at day 77 PT. The identified genera of nematodes from the strongylida order were *Cooperia*, *Oesophagostomum*, *Ostertagia*, *Haemonchus* and *Trichostrongylus*, the latter two being the most frequent. We conclude that IVM-3.15% and MOX-10% have good efficacy for controlling natural infections of GIN up to day 70 PT, and MOX-10% have greater persistence compared to IVM-3.15%, although its effectiveness was low at day 77 PT (40.8%). It is concluded that IVM-3.15% and MOX-10% subcutaneously have a good efficacy for controlling natural infections of GIN of the strongylida order. It was observed that MOX-10% have greater persistence than IVM-3.15% (93.1% and 75.7% of efficacy at 70 days PT, respectively), probably associated with the higher dose of MOX applied (1.6 times).

Key words: moxidectin 10%, ivermectin 3.15%, efficacy, persistence.

RESUMEN

Se evaluó la eficacia y persistencia de ivermectina-3,15% (IVM-3,15%) y moxidectina-10% (MOX-10%) contra infecciones naturales de nematodos gastrointestinales (NGI) en bovinos del trópico mexicano. Se utilizaron 33 bovinos hembras que fueron divididos en tres grupos de 11 animales recibiendo los siguientes tratamientos: grupo uno tratado con IVM-3,15% (0,63 mg/kg de pv) vía subcutánea, grupo dos tratado con MOX-10% (1,0 mg/kg de pv) vía subcutánea, y grupo tres sin tratamiento (control). El conteo de huevos por gramo de heces se determinó mediante las pruebas McMaster los días 0, 3, 7, 14, 35, 56, 63, 70, 77, 84, 91 y 98 postratamiento (PT). Asimismo, se realizaron coprocultivos de larvas L₃ para la identificación de nematodos del orden strongylida mediante la técnica de Corticelli-Lai. La IVM-3,15% y MOX-10% presentaron eficacias similares (P > 0.001) del día 3 al 70 PT (100-75,7% y 100-93,1% respectivamente). La MOX-10% presentó mayor persistencia que la IVM-3,15% al día 77 PT. Los géneros de nematodos del orden strongylida identificados fueron *Cooperia*, *Oesophagostomum*, *Ostertagia*, *Haemonchus* y *Trichostrongylus*, siendo los dos últimos los más frecuentes. Se concluye que la IVM-3,15% y MOX-10% vía subcutánea presentan buena eficacia para el control de infecciones naturales de NGI del orden strongylida. Se observó que la MOX-10% presenta mayor persistencia que la IVM-3,15% (eficacia de 93,1% y 75,7% a los 70 días PT, respectivamente), probablemente asociado a la mayor dosis de MOX aplicada (1,6 veces).

Palabras clave: moxidectina 10%, ivermectina 3,15%, eficacia, persistencia.

INTRODUCCIÓN

Las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) son responsables de las mayores pérdidas económicas en los sistemas de producción ganadera debido a

sus efectos directos (mortalidad, disminución de la producción etc.) o indirectos (tratamientos), afectando con mayor frecuencia a los animales jóvenes que se encuentran en pastoreo. En el trópico subhúmedo, los géneros de NGI predominantes en ovinos son: *Haemonchus*, *Trichostrongylus* y *Oesophagostomum* (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero 2005, Torres-Acosta y Hoste 2008).

El uso de antihelmínticos ha sido, por más de tres décadas, una de las mejores formas de control de los parásitos internos de los bovinos, ya que permite reducir

Aceptado: 08.08.2013.

* Km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil. CP. 97100, Mérida, Yucatán, México; rvivas@tunku.uady.mx

las cargas parasitarias y aumentar su eficacia productiva; sin embargo, el uso continuo e irracional de los antiparasitarios ha ocasionado la generación de NGI resistentes a la acción de estos productos químicos. En el trópico mexicano, el problema de resistencia a los antiparasitarios en la industria ovina y caprina es cada día más generalizado (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero 2005, Jackson y Miller 2006); en contraposición, en la ganadería bovina sólo existen dos reportes de NGI resistentes a la ivermectina (IVM) (Encalada y col 2008, Canul-Ku y col 2012).

Las lactonas macrocíclicas (LM) son endectocidas que, por sus características, se utilizan para el control de endo y ectoparásitos en diferentes especies animales. Los tres grupos de LM disponibles para el control de parásitos son las avermectinas (ejemplo IVM, doramectina y abamectina), milbemicinas (ejemplo, moxidectina (MOX), nemadectina y milbemicina oxima) y espinosinas (spinosad) (Lumaret y col 2012). La IVM, doramectina y MOX se comercializan en Latinoamérica en soluciones inyectables al 1% (0,2 mg/kg de peso vivo vía subcutánea) y se consideran de corta acción, ya que tienen una buena persistencia de 4 semanas para el control de nematodos y artrópodos en la ganadería bovina (Rodríguez-Vivas y col 2010). Debido a la necesidad de aumentar la persistencia de las LM para el control de nematodos y artrópodos en la ganadería bovina, actualmente se dispone de manera comercial nuevas formulaciones de larga acción tales como IVM al 3,15% (IVM-3,15%) y MOX al 10% (MOX-10%) (Dupuy y col 2007, Rodríguez-Vivas y col 2010). En estudios controlados, la MOX-10% presenta eficacia > 98% para el control de NGI y pulmonares del bovino con persistencia de 90 a 150 días (Ranjan y DeLay 2004). Sin embargo, en estudios de campo con infecciones naturales de NGI, Cleale y col (2004) demostraron que la MOX-10% presenta una reducción de la excreción de huevos $\geq 90\%$ con persistencia de 56 días. Asimismo, Borges y col (2008) evaluaron la IVM-3,15% en el ganado bovino y encontraron eficacias de 39,9%, 84,7% y 75,5% en el control de *Haemonchus placei*, *Cooperia spatulata* y *Cooperia punctata*, respectivamente.

En el sureste de México, la evaluación de las LM de larga acción para el control de NGI en bovinos ha sido escasa; por tal motivo, el objetivo del presente estudio es evaluar la eficacia y persistencia de MOX-10% e IVM-3,15% para el control de infecciones naturales de NGI en el ganado bovino en el trópico mexicano.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho "San Carlos", localizado en el municipio de Tizimín, al oriente del estado de Yucatán, México. El municipio de Tizimín se localiza a 19°30' y 21°35' latitud norte, 87°30'

y 90°24' de longitud oeste. El clima del área es tropical subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura máxima varía de 35°C a 40°C y la media es de 26,6°C. La humedad relativa varía de 65 a 100% (media 80%) y la precipitación anual es de 1.290 mm.

MANEJO DEL HATO

Para evaluar la eficacia de IVM-3,15% y MOX-10%, se utilizaron 33 bovinos hembras cruzas de *Bos taurus* (1/4) x *Bos indicus* (3/4). Las edades de los animales fluctuaban entre los 11-14 meses de edad con un peso vivo (pv) promedio de 225 kg. Los bovinos estuvieron en un sistema de pastoreo rotacional con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y se complementaron con alimento concentrado (14% proteína cruda y 2,5 Mcal/kg de energía) al 1% de su peso vivo. Los animales pastorearon una misma pradera infestada naturalmente con larvas de NGI de bovinos.

Con la intención de formar tres grupos de trabajo, los 33 animales fueron muestreados los días -3, -2 y -1, para realizar el conteo de huevos por gramo de heces (hgh) de NGI y el peso vivo de cada animal (pesados en una báscula con capacidad para 1.000 kg). Con base en estos criterios, se formaron tres grupos homogéneos de 11 animales y fueron designados al azar a cada grupo. Los animales de cada grupo se identificaron con aretes de distintos colores y recibieron los siguientes tratamientos:

Grupo uno. Tratado con IVM-3,15% (Ivomec Gold®, Merial, México). Aplicación vía subcutánea a razón de 0,63 mg/kg de pv (1 ml por cada 50 kg/pv). Al inicio del experimento este grupo presentó un promedio de 193,75 \pm 47,3 hgh y un pv promedio de 223,6 \pm 17,0 kg,

Grupo dos. Tratado con MOX-10% (Cydectin Onyx®, Fort Dodge Animal Health, México). Aplicación vía subcutánea a razón de 1,0 mg/kg de pv (1 mL por cada 100 kg de pv). Al inicio del experimento, este grupo presentó un promedio 189,28 \pm 54,7 hgh y un pv promedio de 222,7 \pm 15,3 kg.

Grupo tres. Control, no recibió ningún tratamiento. Al inicio del experimento, este grupo presentó un promedio 175,0 \pm 51,7 hgh y un pv promedio de 230,54 \pm 27,26.

Se tomaron muestras de heces directamente del recto de todos los animales y se determinó el número de hgh, los cuales fueron cuantificados los días 0, 3, 7, 14, 35, 56, 63, 70, 77, 84, 91 y 98 postratamiento, mediante la técnica de McMaster (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera 2005).

Durante los muestreos en los días 3, 7, 14, 35, 56, 77 y 98 post-tratamiento, se realizaron 2 coprocultivos de lar-

¹ INEGI. 2009. Tipos de climas en Yucatán, <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/yuc/clim.cfm?c=444&e=31>

vas en los tres grupos, mediante la técnica de Corticelli-Lai, descrita por Rodríguez-Vivas y Cob-Galera (2005). Las larvas infestantes fueron identificadas de acuerdo a su morfología y tamaño (Bowman y Lynn 1999).

Durante los muestreos de los días 0, 14, 35, 56, 77 y 98 post-tratamiento, los animales de los tres grupos fueron pesados en una báscula con capacidad para 1.000 kg con el fin de monitorear la ganancia de peso.

El día del tratamiento y durante las mediciones, todos los animales fueron inspeccionados para detectar alguna reacción adversa (ataxia, prurito y edema en zonas periféricas) relacionada con los tratamientos.

ANÁLISIS DE DATOS

La eficacia de los tratamientos contra NGI fue determinada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Eficacia} = \frac{(\text{media del grupo control}) - (\text{media del grupo tratado})}{(\text{media del grupo control})} \times 100$$

Las medias aritméticas de la excreción de hgh fueron transformadas a Log 10 (para cumplir con el supuesto de independencia, homogeneidad y normatividad) y analizadas mediante ANOVA de medidas repetidas para determinar las significancias de las diferencias a través del tiempo. Asimismo, la ganancia de peso acumulada (GPA) de cada grupo fue analizada utilizando la misma prueba estadística (SAS versión 6,03 1991).

RESULTADOS

Los resultados de las eficacias de MOX-10% e IVM-3,15% vía subcutáneas para el control de infecciones naturales de NGI del orden strongylida en bovinos se presentan en el cuadro 1.

Como se puede observar, la MOX-10% presentó una eficacia de 93,1% hasta el día 70 PT; sin embargo, la IVM-3,15% presentó una eficacia de 90,4% hasta el día 56 PT, disminuyendo ésta hasta 87,2 y 75,7% en los días 63 y 70 PT, respectivamente. Ambas LM presentaron bajas eficacias a partir del día 77 PT.

Con respecto al promedio de hgh de NGI del orden strongylida de los tres grupos estudiados, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,001$) en el promedio de excreción de huevos de NGI del orden strongylida entre los grupos tratados y el control del día 3 al 70 PT. Se presentó diferencia significativa en la excreción de hgh entre el grupo MOX-10% y los otros dos grupos al día 77 PT. Del día 84 al final de experimento (día 98) no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos estudiados.

Los géneros de NGI del orden strongylida identificados en los cultivos de larvas realizados se presentan en el cuadro 2. Como se puede observar, antes y después de los

Cuadro 1. Media de la excreción de huevos por gramo de heces de los tres grupos experimentales y la eficacia en los grupos tratados con MOX-10% e IVM-3,15%.

Average excretion of eggs per gram of faeces in the three experimental groups and efficacy on MOX-10% and IVM-3.15% treated groups, respectively.

Días	Control	MOX-10%		IVM-3,15%	
	Media*	Media*	Eficacia	Media*	Eficacia
0	175 ^a	169,4 ^a	NA	177,7 ^a	NA
3	67,5 ^a	0 ^b	100	5,5 ^b	91,8
7	62,5 ^a	0 ^b	100	0 ^b	100
14	155,0 ^a	0 ^b	100	0 ^b	100
35	365,0 ^a	0 ^b	100	16,6 ^b	95,4
56	232,5 ^a	5,5 ^b	97,6	22,2 ^b	90,4
63	130,0 ^a	5,5 ^b	95,7	16,6 ^b	87,2
70	80,0 ^a	5,5 ^b	93,1	19,4 ^b	75,7
77	75,0 ^a	44,4 ^b	40,8	63,8 ^a	14,9
84	80,0 ^a	91,6 ^a	0	105,5 ^a	0
91	85,0 ^a	88,8 ^a	0	105,5 ^a	0
98	90,0 ^a	111,1 ^a	0	152,7 ^a	0

NA: No aplica, MOX: Moxidectina, IVM: Ivermectina.

Media*: Media del número de huevos del orden strongylida por gramo de heces.

Letras distintas entre columnas presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

tratamientos, los géneros *Haemonchus* y *Trichostrongylus* fueron los más frecuentes, seguido del género *Cooperia*.

No se observó diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,05$) en la GPA promedio por animal entre los grupos estudiados (hasta los 98 días); sin embargo, los animales tratados con IVM-3,15% y MOX-10% pesaron al final del estudio $303,0 \pm 1,2$ y $307,5 \pm 13,3$ kg, respectivamente, y el grupo control finalizó con un peso de $285,3 \pm 10,3$ kg en promedio, lo que significa que los grupos tratados con IVM-3,15% y MOX-10% obtuvieron 17,7 y 22,2 kg, respectivamente, más de GPA en comparación con el grupo control.

No se observaron signos de ataxia, prurito y edema en zonas periféricas de los animales tratados con MOX-10%. Sin embargo, un animal de este grupo presentó, al día 3 PT, una reacción inflamatoria leve (área con rubor, calor y aumento de volumen) en el sitio de aplicación que desapareció al día 7 PT.

DISCUSIÓN

La IVM y MOX al 1% en soluciones inyectables (0,2 mg/kg de pv) presentan eficacias $\geq 99\%$ con persistencia entre 21 y 35 días para el control de NGI en rumiantes.

Cuadro 2. Géneros de nematodos del orden strongylida identificados en los cultivos de larvas.

Genera of nematodes of the order strongylida identified in larval cultures.

PT	Género del orden strongylida														
	<i>Haemonchus</i>			<i>Trichostrongylus</i>			<i>Oesophagostomum</i>			<i>Cooperia</i>			<i>Ostertagia</i>		
	C	I	M	C	I	M	C	I	M	C	I	M	C	I	M
0	31	42	37	48	32	40	1	2	2	14	12	13	6	8	8
3	42	-	-	40	-	-	1	-	-	12	-	-	5	-	-
7	30	-	-	39	-	-	8	-	-	15	-	-	8	-	-
14	39	-	-	28	-	-	8	-	-	13	-	-	12	-	-
35	38	-	-	34	-	-	9	-	-	10	-	-	9	-	-
56	39	-	-	34	-	-	8	-	-	14	-	-	5	-	-
63	44	-	-	29	-	-	6	-	-	13	-	-	8	-	-
70	51	-	-	22	-	-	7	-	-	5	-	-	12	-	-
77	30	-	-	35	-	-	11	-	-	11	-	-	13	-	-
84	44	31	35	29	43	39	6	3	3	13	14	13	8	9	10
91	27	31	37	42	48	44	4	1	1	16	13	12	11	7	6
98	31	30	32	34	38	36	5	5	4	12	15	13	18	12	15

PT: Días postratamiento; C: Grupo control; I: Grupo de IVM-3,15%.

M: Grupo de MOX-10% . -NO se realizó el cultivo por resultar negativo a nematodos del orden strongylida.

Aboutt y col (1995) reportaron una eficacia de 99 % cuando se usó la MOX-1% inyectable en borregos para el control de *Trichostrongylus columbriformis*, con persistencia de más de 21 días. En bovinos Verducruysse y col (1997) encontraron que la aplicación inyectable de MOX-1% presenta eficacia de 99.6% con persistencia de 35 días. Asimismo, Hafiz y col (2010) encontraron que la IVM-1% subcutánea (0,2 mg/kg de pv) tiene una eficacia de 100% con persistencia hasta los 21 días para el control de *Toxocara vitulorum* en bovinos. Con la intención de aumentar la persistencia de las LM con buenas eficacias se dispone comercialmente en Latinoamérica de presentaciones inyectables de IVM-3,15% (0,63 mg/kg de pv) y MOX-10% (1 mg/kg de pv). En el presente estudio, tras la administración de los tratamientos bajo estudio, los primeros efectos significativos en el control de NGI del orden strongylida se observaron al día 3 PT con eficacias de 91,8% y 100% para IVM-3,15% y MOX-10%, respectivamente. Estas eficacias iniciales son debidas a que la IVM-3,15% y MOX-10% presentan su pico máximo de concentración plasmática en bovinos a los 2,14 y 3,40 días PT respectivamente (Lifschitz y col 2007, Dupuy y col 2007), lo que explica el rápido efecto PT.

La MOX-10% presentó una eficacia del 100% hasta el día 35 PT y $\geq 93,1\%$ hasta el día 70 PT (cuadro 1), esto concuerda con lo reportado por Yazwinski y col (2006), quienes encontraron una eficacia $> 93\%$ en el mismo

periodo de tiempo; asimismo, Cleale y col (2004) reportaron que la MOX-10% presenta una eficacia de 90,1 a 99,7% hasta el día 55-56 PT para el control de infecciones naturales de NGI en bovinos bajo condiciones de pastoreo. Sin embargo, en otros estudios se ha observado que la MOX-10% tiene mayor persistencia para el control de NGI (hasta 168 días) (Geurden y col 2004) y piojos chupadores del bovino (*Linognathus vituli* y *Solenopotes capillatus*) por al menos 133 días PT (Cleale y col 2004).

Asimismo, se observó que la MOX-10% tiene mayor persistencia que la IVM-3,15% (eficacias de 40,8 y 14,9% respectivamente al día 77 PT) para el control de NGI del orden strongylida. Aunque la eficacia de la MOX-10% fue baja al día 77 (40,8%), la mayor persistencia de MOX para el control de NGI se debe a que es más liposoluble que la IVM y se almacena principalmente en grasa, lo que hace a esta LM excelente para el control de endo y ectoparásitos (Lanusse y col 1997). En estudios realizados por Dupuy y col (2007) y Lifschitz y col (2007), se informó que la MOX-10% (1 mg/kg de pv) e IVM-3,15% (0,630 mg/kg de pv) administradas a bovinos permanecen en concentraciones plasmáticas > 2 ng/ml a los 120 y 50 días PT respectivamente. La mayor persistencia de MOX en sangre podrían explicar el mayor período de protección contra NGI del orden strongylida en los bovinos tratados; sin embargo, la concentración de MOX aplicada a los animales fue 1,6 veces mayor que de IVM.

La presencia de NGI resistentes a lactonas macrocíclicas en los pequeños rumiantes ha sido reportada a nivel mundial, incluyendo México (Torres-Acosta y col 2003). Recientemente, Canul-Ku y col (2012) reportaron la presencia de casos de NGI resistentes a la IVM en bovinos de Yucatán, México. Debido a la larga persistencia de ambas LM (en especial la MOX-10%) en sangre, grasa y piel (Dupuy y col 2007, Lifschitz y col 2007), los parásitos podrían ser expuestos a concentraciones subterapéuticas y favorecerse la selección de individuos resistentes y generar poblaciones de parásitos con estas características en el ganado bovino.

En los cultivos de larvas realizados, se encontró que los géneros *Haemonchus* y *Trichostrongylus* fueron los más frecuentes. Las dos LM estudiadas presentaron excelente eficacia, ya que redujeron al 100% la excreción de huevos. Rodríguez Vivas y col (2001) mencionan que los géneros *Haemonchus* y *Trichostrongylus* son los NGI más frecuentes en el ganado bovino en el estado de Yucatán, México. La característica principal del género *Haemonchus* es causar un estado de anemia en los animales, ya que tanto las larvas de cuarto estadio como los adultos son hematófagos y se calcula que en un animal la pérdida media de sangre es de 0,05 ml por parásito por día (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero 2005).

Asimismo, se ha reportado que la MOX tiene menor efecto adverso sobre artrópodos benéficos que se encuentran en las heces tales como el escarabajo estercolero (*Onthophagus gazella*; *O. sagittarius*, *O. taurus*, *Euoniticellus fulvus*) que contribuye a incorporar al suelo el nitrógeno que requieren las pasturas (Wardhaugh y col 2001, Suárez y col 2009, Basto Estrella y col 2012, Lumaret y col 2012). Los estudios sobre el efecto de las LM sobre poblaciones de escarabajos estercoleros se han realizado con distintas concentraciones aplicadas a bovinos tales como MOX (inyectable 0,2 mg/kg de pv, derrame dorsal 0,5 mg/kg de pv) e IVM (inyectable 0,2 mg/kg de pv, oral 0,2 mg/kg de pv, derrame dorsal 0,5 mg/kg de pv) (Lumaret y col 2012); sin embargo, estudios usando IVM-3,15% y MOX-10% no han sido realizados.

Debido a la prolongada persistencia de IVM-3,15% y MOX-10% en el tratamiento de bovinos para el control de endo y ectoparásitos, estos fármacos podrían favorecer en el futuro la selección de NGI y garrapatas resistentes, como ha sido reportado en Latinoamérica (Perez-Cogollo y col 2010, Canul-Ku y col 2012). Por tal motivo, es necesario evaluar el costo-beneficio de seleccionar LM de larga acción para el control de parásitos en la ganadería bovina, considerando que las LM de corta acción son más económicas en el mercado y podría tener menor riesgo de generar poblaciones de parásitos resistentes cuando se aplican con la misma frecuencia en comparación con las LM de larga acción.

No se observó diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$) en la GPA promedio por animal entre los grupos estudiados. Esto pudo deberse a que el estudio

sólo duró 98 días y no fue posible observar diferencias significativas como fue encontrado por Epperson y col (2001) quienes evaluaron el impacto de los NGI sobre la ganancia de peso en bovinos tratados con IVM en bolos (diseñado para liberar 12 mg/día en un total de 135 días); estos autores reportaron que los animales tratados presentaron mayor ganancia de peso (11%, 0,064 en el incremento de GPA) en comparación con el grupo control, en 162 días que duró el estudio. En otro estudio Guerden y col (2004) evaluaron la eficacia de la MOX-10% durante 168 días en bovinos reportando que los animales que recibieron tratamiento tuvieron una mayor ganancia de peso (28,4 kg) en comparación con el grupo control.

Se concluye que la IVM-3,15% (0,63mg/kg pv) y MOX-10% (1,0 mg/kg pv) vía subcutánea presentan buena eficacia para el control de infecciones naturales de NGI del orden strongylida. Se observó que la MOX-10% presenta mayor persistencia que la IVM-3,15% (eficacia de 93,1% y 75,7% a los 70 días PT, respectivamente), probablemente asociado a la mayor dosis de MOX aplicada (1,6 veces).

REFERENCIAS

- Abbott KA, RM Cobb, M Holm Glass. 1995. Duration of the activity of moxidectin against *Haemonchus contortus* in sheep. *Aust Vet J* 72, 408-410.
- Basto-Estrella GS, RI Rodríguez-Vivas, H Delfin-Gonzalez, E Reyes-Novelo. 2012. Escarabajos estercoleros (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Rev Mex Biodiv* 83, 380-386.
- Borges FA, HC Silva, C Buzzulini, VE Soares, E Santos, GP Oliveira, AJ Costa. 2008. Endectocide activity of a new long-action formulation containing 2.25% ivermectin+1.25% abamectin in cattle. *Vet Parasitol* 155, 299-307.
- Bowman DD, RC Lynn. 1999. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. 7th ed. W.B. Saunders, Philadelphia, USA, Pp 262-323.
- Canul-Ku HL, RI Rodríguez-Vivas, JFJ Torres-Acosta, AJ Aguilar-Caballero, LC Pérez-Cogollo, MM Ojeda-Chi. 2012. Frequency of cattle herds with ivermectin resistant nematodes in the hot sub-humid tropics of Mexico. *Vet Parasitol* 183, 292-298.
- Cleale RM, KB Hart, DE Hutchens, EG Johnson, AJ Paul, LL Smith, C Tucker, TA Yazwinski, ME Doscher, ST Grubbs, M Wulster-Radcliffe, DM Amodie. 2004. Effects of subcutaneous injections of a long acting moxidectin formulation in grazing beef cattle on parasite fecal egg reduction and animal weight gain. *Vet Parasitol* 126, 325-338.
- Dupuy J, SF Sutra, M Alvinerie. 2007. Pharmacokinetics assessment of moxidectin long-acting formulation in cattle. *Vet Parasitol* 147, 252-257.
- Encalada MLA, MA López-Arellano, P Mendoza de Gives, E Liébano-Hernández, V Vázquez-Prats, G Vera-Ycuspinera. 2008. Primer informe en México sobre la presencia de resistencia a ivermectina en bovinos infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales. *Vet Méx* 39, 423-428.
- Epperson WB, BD Kenzy, K Mertz, MB Hildreth. 2001. A single pasture limited treatment approach to estimate pro-

- duction loss from gastrointestinal nematodes in grazing stocker cattle *Vet Parasitol* 97, 269-276.
- Geurden T, E Claerebout, E Deroover, J Vercruyse. 2004. Evaluation of the chemoprophylactic efficacy of 10% long acting injectable moxidectin against gastrointestinal nematode infections in calves in Belgium. *Vet Parasitol* 120, 331-338.
- Hafiz A, NA Tufani, DM Makhdoomi. 2010. Therapeutic efficacy of ivermectin, fenbendazole and albendazole against ascariasis in crossbred calves. *Indian J Field Vet* 6, 21-22.
- Jackson F, J Miller. 2006. Alternative approaches to control- Quo vadit? *Vet Parasitol* 139, 371-384.
- Lanusse C, A Lifschitz, G Virkel, L Alvarez, S Sánchez, JF Sutra, P Galtier, M Alvinerie. 1997. Comparative plasma disposition kinetics of ivermectin, moxidectin and doramectin in cattle. *J Vet Pharmacol Ther* 20, 91-99.
- Lifschitz A, G Virkel, M Ballent, J Sallovitz, F Imperiale, A Pis, C Lanusse. 2007. Ivermectin (3.15%) long-acting formulations in cattle: absorption pattern and pharmacokinetic considerations. *Vet Parasitol* 147, 303-310.
- Lumaret JP, F Errouissi, K Floate, J Römbke, K Wardhaugh. 2012. A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. *Curr Pharmaceut Biotechnol* 13, 1004-1060.
- Perez-Cogollo LC, RI Rodríguez-Vivas, GT Ramírez-Cruz, JA Rosado-Aguilar. 2010. Survey of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin at cattle farms with history of macrocyclic lactones use in Yucatan, Mexico. *Vet Parasitol* 172, 109-113.
- Ranjan S, R DeLay. 2004. Therapeutic and persistent efficacy of moxidectin 1% nonaqueous injectable formulation against natural and experimentally induced lung and gastrointestinal nematodes in cattle. *Am J Vet Res* 120, 305-317.
- Rodríguez VRI, GLA Cob, AJL Domínguez. 2001. Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en el Yucatán, México. *Rev Biomed* 12, 19-25.
- Rodríguez-Vivas RI, LA Cob-Galera. 2005. *Técnicas diagnósticas en Parasitología Veterinaria*. 2ª ed. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, Pp 49-70.
- Rodríguez-Vivas RI, RJ Arieta-Román, LC Pérez-Cogollo, JA Rosado-Aguilar, GT Ramírez-Cruz, G Basto-Estrella. 2010. Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado bovino. *Arch Med Vet* 42, 115-123.
- SAS, Statistical Analysis System. 1991. Institute Inc. Cary. SAS/STAT. Guide for personal computers, version 6.03. Cary, NC, USA.
- Suárez VH, AL Lifschitz, JM Sallovitz, CE Lanusse. 2009. Effects of faecal residues of moxidectin and doramectin on the activity of arthropods in cattle dung. *Ecotoxicol Environ Saf* 72, 1551-1558.
- Torres-Acosta JFJ, B Roberts, J Canto-Dorantes, C Martínez-Ortiz, J Rodríguez, L Canul-Ku, L Cob-Galera, F Tirado-Muñoz, A Aguilar-Caballero. 2003. Prevalence of sheep herds with gastrointestinal nematodes resistant to benzimidazoles, imidazothiazoles and macrocyclic lactones in Yucatán. *V International Seminar in Animal Parasitology*. October 1-3. Mérida, Yucatán, México, Pp 48-52.
- Torres-Acosta JFJ, AJ Aguilar-Caballero. 2005. Epidemiología, prevención y control de nematodos gastrointestinales en rumiantes. En: Rodríguez-Vivas RI (ed). *Enfermedades de importancia económica en producción animal*. McGraw-Hill-UADY, México, D.F. México, Pp 145-173.
- Torres-Acosta JFT, H Hoste. 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Res* 77, 159-173.
- Vercruyse J, E Claerebout, P Dorny, D Demeulenare, E Deroover. 1997. Persistence of the efficacy of pour-on and injectable moxidectin against *Ostertagia ostertagi* and *Dictyocaulus viviparus* in experimentally infected cattle. *Vet Rec* 140, 64-66.
- Wardhaugh KG, P Holter, BC Longstaff. 2001. The development and survival of three species of coprophagous insect after feeding on the faeces of sheep treated with controlled-release formulations of ivermectin or albendazole. *Aust Vet J* 79, 125-132.
- Yazwinski TA, CJ Williams, LL Smith, C Tucker, FA Loyacano, A DeRosa, P Peterson, JD Bruer, LR Delay. 2006. Dose determination of the persistent activity of moxidectin long-acting injectable formulations against various nematode species in cattle. *Vet Parasitol* 137, 273-285.