

RIA 34 (3): 83-103
Diciembre 2005
INTA, Argentina

ISSN edición impresa 0325-8718
ISSN edición en línea 1669-2314

IMPACTO AMBIENTAL DE LA IVERMECTINA ELIMINADA POR BOVINOS TRATADOS EN OTOÑO, SOBRE LA COPROFAUNA Y LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA FECAL EN PASTURAS (TANDIL, ARGENTINA)

IGLESIAS, L. E.¹; SAUMELL, C. A.¹; FUSÉ, L. A.¹; LIFSCHITZ, A. L.²; RODRIGUEZ, E. M.³; STEFFAN, P. E.¹; FIEL, C. A.¹

RESUMEN

Se desarrolló un ensayo para evaluar el efecto de la ivermectina eliminada en la materia fecal de bovinos tratados sobre la coprofauna colonizadora y la degradación física de heces depositadas naturalmente, durante el otoño en la región de Tandil. Se utilizaron dos grupos de bovinos, albergados en parcelas diferentes, a uno de los cuales se le administró ivermectina subcutáneamente (0,2 mg.kg) y el otro permaneció sin tratamiento, como grupo control. Los animales depositaron la materia fecal en parcelas identificadas para cada grupo en los 1, 3, 7, 14 y 21 días pos tratamiento (dpt). De cada parcela se retiraron masas fecales a los 1,3,7,14,21,30 y 60 días pos deposición (dpd). A partir de estas muestras se determinó la concentración de ivermectina, el porcentaje de materia orgánica y se colectaron los artrópodos colonizadores. Todas las muestras fecales del grupo tratado revelaron presen-

¹Área de Parasitología y Enfermedades Parasitarias, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: luciaemi@vet.unicen.edu.ar

²Laboratorio de Farmacología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

³Área de Bioestadística y Epidemiología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

cia de la droga, siendo las de 1 y 3 dpt las de mayores concentraciones y de mayores porcentajes de materia orgánica ($p < 0.05$) para todo el período experimental. Abundancia y diversidad de artrópodos resultaron reducidas en muestras del grupo tratado ($p < 0.05$). Este efecto se manifestó entre adultos y larvas de dípteros nematoceros y braquiceros y en ácaros gamasidos, actinédidos y acarídidos. Otros grupos de organismos redujeron estos parámetros sin significancia estadística. Asimismo las reducciones más frecuentes en abundancia y diversidad se comprobaron en heces obtenidas 1, 3 y 7 dpt, coincidiendo los efectos de la droga con las más elevadas concentraciones de ivermectina y mayores porcentajes de materia orgánica en muestras fecales de animales tratados. Consecuentemente, la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, afecta la colonización natural de la materia fecal y demora la degradación de las heces en el ambiente.

Palabras clave: *ecotoxicidad, ivermectina, artrópodos coprófilos, heces bovinas.*

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE ELIMINATED IVERMECTIN FOR AUTUMN TREATED CALVES ON THE COPROFAUNE AND THE DUNG DEGRADATION ON PASTURE (TANDIL, ARGENTINA)

A trial was carried out to evaluate the effect of the ivermectin eliminated in the feces of treated calves on the coprofauna and on the physical degradation of dung pats naturally deposited during the autumn in the Tandil zone. Two experimental groups, located in different paddocks, were used. One group was treated subcutaneously with ivermectin (0,2 mg.kg) and the other remained as control group. The spot where feces were naturally evacuated in day 1,3,7,14, and 21 post treatment (dpt) was clearly identify. Fecal pats of each group were sampled at 1,3,7,14,21,30 and 60 days post deposition (dpd). The ivermectin concentration and organic matter percentage were determined and the arthropods present were collected. All the fecal samples of the treated calves presented drug, being samples on 1 and 3 dpt samples those with the higher concentration and higher organic matter content ($p < 0.05$) for the whole experimental period too. Abundance and diversity of arthropods was reduced in samples from treated group ($p < 0.05$). This effect was marked when comparing adults and larvae of nematocera and braquicera diptera and gamasida, actinédida and acarídida acari. Other groups of organisms showed reduced parameters without statistical significance. Also, the highest reductions in abundance and diversity were obtained in fecal samples of treated group at 1, 3 and 7 dpt in agreement with the highest concentration of ivermectin and the highest organic matter percentage. Consistently, the ivermectin eliminated

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

by cattle treated in autumn affect the faecal natural colonization of dung and delays the faecal degradation in the environment.

Key words: *ecotoxicity, ivermectin, coprofile arthropods, cattle dung.*

INTRODUCCIÓN

Ivermectina es un antiparasitario endectocida, utilizado ampliamente en el control de nemátodos y artrópodos que afectan a los bovinos. Su prolongada permanencia en el plasma y su lipofilicidad aseguran la efectividad farmacológica. Sin embargo, la elevada proporción de metabolitos activos eliminados a través de la materia fecal (Halley, Jacob, Lu, 1989b; Chiu, Green, Baylis, Eline, Rosegay, Meriwether y Jacob, 1990) interfiere en la colonización y la degradación de las heces.

Efectos letales y subletales por acción de la droga sobre organismos coprófilos no perjudiciales para los bovinos fueron informados por Wall y Strong, (1987); Wardhaugh y Rodríguez Menéndez, (1988); Strong y James, (1993); Sommer, Grønvold, Holter y Nansen, (1993); Gover y Strong, (1995 a,b); Wardhaugh, Longstaff y Morton, (2001).

Paralelamente, Floate y Fox (1999) describen los efectos indirectos de la droga sobre parasitoides de la mosca doméstica, hecho que evidencia no sólo el gran espectro de acción de la ivermectina sino también el riesgo potencial de toxicidad para organismos que interactúan con la coprofauna aunque no desarrollen actividad coprófila.

Con algunas controversias, fueron relatados los efectos de la ivermectina en organismos del suelo (Halley, Nessel, Lu, 1989a; Gunn y Sadd, 1994; Svendsen, Sommer, Holter y Grønvold, 2002; Jensen, Krogh y Sverdrup, 2003). En Sudamérica, en el marco de los programas de control parasitario, la presencia de ivermectina en heces de bovinos tratados subcutáneamente en clima tropical, ocasionó reducciones en formas juveniles de dípteros ciclorrhafos, adultos y larvas de coleópteros polifagos y ácaros (Iglesias, 1998), mientras Suárez, Lifschitz, Sallovitz y Lanusse (2003) observaron además, reducciones en las poblaciones de nemátodos del suelo por efecto de la droga, en condiciones ambientales que abarcaron desde fin de primavera a inicio de otoño en la región pampeana. Sin embargo, una de las circunstancias preocupantes en las actividades agropecuarias, es el tiempo de degradación de las heces, ocasionando perjuicios económicos por el desaprovechamiento de áreas de pastoreo. Mientras Wall y

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

Strong (1987) observaron diferencias en el peso de bostas preparadas artificialmente con heces de bovinos tratados en relación con las del grupo control, Barth, Heinze-Mutz, Roncalli, Schlüter y Gross (1993) no registraron diferencias en el área superficial de masas fecales depositadas naturalmente por los animales. Floate (1998) describe ausencia de la degradación de masas fecales de bovinos tratados con ivermectina, considerando el porcentaje de las mismas reducido a consistencia de «ase-rín», atribuida a la actividad de los organismos colonizadores.

Paralelamente, en la región pampeana, evaluando el peso de las masas fecales, los resultados muestran divergencia, dependiendo de la estación considerada (Suárez, 2002).

Los escasos estudios en los que se utilizó el porcentaje de materia orgánica como indicador de la desintegración fecal concluyeron en la demora de su reducción en muestras obtenidas de animales tratados con ivermectina (Madsen, Overgaard Nielsen, Holter, Pedersen, Brøchner-Jespersen, Vagn-Jensen, Cansen y Grønvold 1990; Sommer, Steffansen, Overgaard-Nielsen, Grønvold, Vagn-Jensen, Brøchner-Jespersen, Springborg y Nansen, 1992; Dadour, Cook y Neesam, 1999; Sommer y Bibby, 2002).

No obstante, un aspecto poco considerado es la reducción de la biodiversidad de artrópodos ocasionada por los residuos de ivermectina. Teniendo en cuenta la mayor susceptibilidad de algunos organismos en determinados estadios de desarrollo, podrá esperarse que la menor abundancia de artrópodos afecte su diversidad y su actividad coprófila. Consecuentemente, la degradación de las heces en el ambiente también será alterada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la ivermectina aplicada subcutáneamente a bovinos en otoño, sobre los artrópodos colonizadores de la materia fecal y la degradación de las heces expuestas al ambiente. Se consideró la abundancia y diversidad de artrópodos colectados y el porcentaje de materia orgánica, respectivamente como parámetros de la ecotoxicidad de la droga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Local experimental

Este estudio se desarrolló durante el otoño (16 de abril al 6 de julio de 2001) en un área experimental de la Facultad de Ciencias Veterinarias (Campus Universitario, Tandil, 37°17'34''S, 59 5'W) de aproximadamente

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

30m x 200m. Se delimitaron con hilo eléctrico 10 parcelas de 5m x 30m, el resto es considerado un área común de confinamiento de los animales.

Datos meteorológicos

Durante el período experimental la estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias (Li-1200 S, Li-Cor Inc. Lincoln, Nebraska) registró los datos de temperatura y humedad (Figura 1).

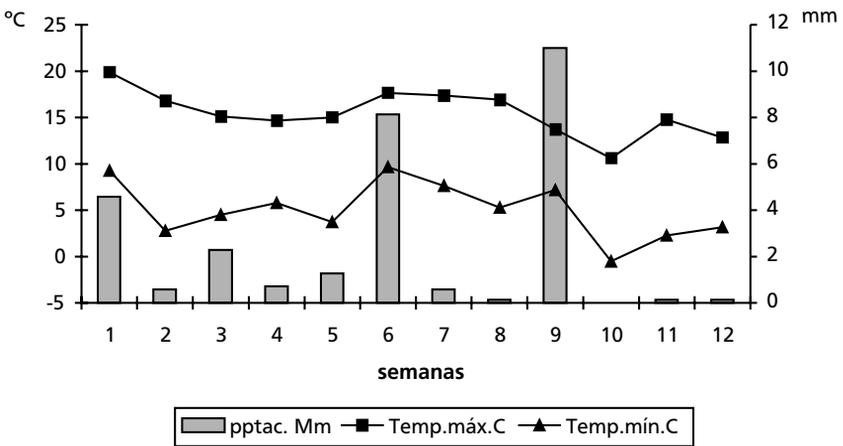


Figura 1. Registro de datos climáticos durante el período experimental (16 de abril a 6 de julio del 2001), expresado en semanas (Estación meteorológica FCV UNICEN): precipitación acumulada (barras) y promedios de temperaturas máxima y mínima, respectivamente (líneas).

Animales

Se utilizaron 4 bovinos, de la raza Holando y 4 de la raza *Aberdeen Angus*, de aproximadamente 1 año de edad y 180 kg ($179 \pm 25,6$), que fueron distribuidos en dos grupos, control y tratado, con dos ejemplares de cada raza por grupo.

Diseño experimental

A los animales de uno de los grupos (grupo tratado) se les administró ivermectina (IVOMECS® Merial) 0,2 mg.kg vía subcutánea. El otro grupo

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

permaneció sin tratamiento (grupo control). Luego de 17 horas de la administración, los animales de ambos grupos fueron colocados en 2 parcelas independientes durante 24 hs y posteriormente fueron liberados al área común. Los animales fueron reintroducidos en otras 2 parcelas independientes a los 3, 7, 14 y 21 dpt. Las masas fecales depositadas por los animales en cada parcela fueron identificadas con estacas. Se optó por una metodología de muestreo que respete en mayor medida la deposición realizada por los animales a efectos de simular las condiciones naturales. Se retiraron 3 masas fecales identificadas en cada parcela a los 1, 3, 7, 14, 21, 30 y 60 días de exposición al ambiente (dpd). Dos submuestras de aproximadamente 3 g cada una, conteniendo un pool de las tres masas fecales de cada grupo fueron sometidas a análisis de concentración de ivermectina por HPLC, empleando la técnica descrita por Lifschitz, Virkel, Sallovitz, Sutra, Galtier, Alvinerie y Lanusse (2000), con detección por fluorescencia, utilizándose un sistema Shimadzu 10 A. Otras 2 submuestras, obtenidas en forma similar a la descrita, se destinaron a determinación de materia orgánica. Se establecieron los porcentajes de materia seca a 60 °C por secado en estufa con circulación forzada de aire y de cenizas (sustancias inorgánicas) por exposición de muestras a 550 °C en mufla durante 6 h.

El resto de cada muestra fecal fue procesada para recolección de los artrópodos, mediante el sistema de Tullgren durante 4 días. Los organismos colectados permanecieron en alcohol 70% hasta su identificación y cuantificación. Para la identificación fueron utilizadas las claves de Peterson, (1960); Flechtmann, (1975); Krantz, (1978); Borror y DeLong, (1988); Dybas, (1990); Mc. Alpine, (1990); Christiansen, (1990) y Balogh y Balogh, (1992). Para caracterizar la colonización en esta época del año, se consideraron los organismos colectados en muestras del grupo control.

Análisis estadístico

Se utilizó un modelo de ANOVA completamente aleatorizado con factores de clasificación: tiempo pos deposición, tiempo pos tratamiento y grupo. El análisis de varianza se acompañó de una prueba Duncan de comparación múltiple de medias y test exacto de Fischer para realizar las tablas de contingencia. Paralelamente se aplicó el Índice de biodiversidad de Shanon. Fue utilizado el sistema SAS, GLM Procedure (1989).

Para el análisis de diversidad fueron considerados tres agrupamientos en insectos adultos, larvas de insectos y arácnidos. Teniendo en cuenta

que el seguimiento de adultos de insectos, involucra la consideración de hábitos alimentares y desplazamientos no controlados en el presente trabajo, se enfatizó en el análisis sobre la abundancia y diversidad de formas inmaduras, las cuales representan una población más estable, por su dependencia ontológica con este medio.

RESULTADOS

Concentración de ivermectina en materia fecal:

En todas las muestras de materia fecal obtenidas de animales tratados subcutáneamente con ivermectina se detectó la presencia de la droga (Figura 2).

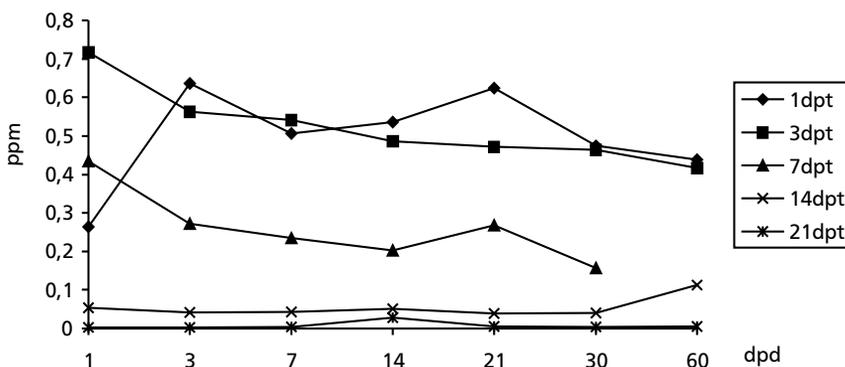


Figura 2. Concentración de ivermectina (ppm) en muestras fecales de animales tratados (0,2mg.kg), depositadas a 1,3,7,14 y 21 días pos tratamiento (dpt) y colectadas entre 1 y 60 días pos deposición (dpd)

La mayor concentración fue de 0.717 ppm a los 3 días pos tratamiento, con 1 día de exposición al ambiente (dpd). Mientras que la menor concentración encontrada fue de 0.0021 ppm en muestras a los 21 días pos tratamiento, con tiempos de exposición de 1 y 3 días, respectivamente.

Se detectaron diferencias significativas en las concentraciones de ivermectina entre los días pos tratamiento ($p < 0.0001$). Las concentraciones encontradas en muestras de 1 y 3 dpt, a través de todo el periodo experimental (1-60 dpd), resultaron superiores a las de otras fechas pos-

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

tratamiento ($p < 0.05$). A su vez, se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de droga contenidas en muestras de 7 dpt, las de 14 y 21 dpt ($p < 0.05$) (Figura 3).

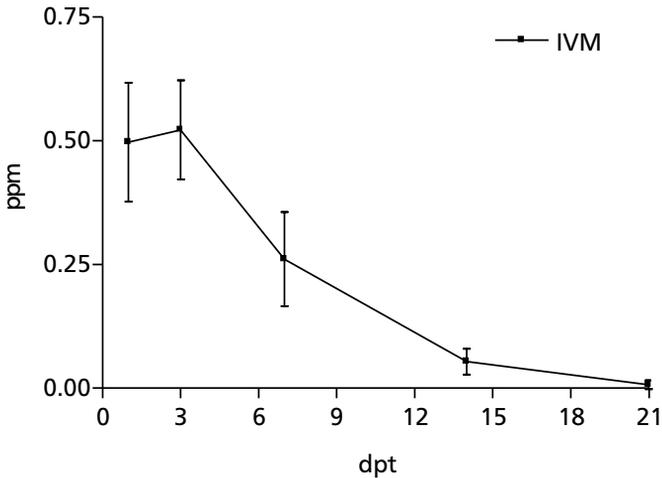


Figura 3. Concentración de ivermectina (ppm) en muestras fecales de bovinos tratados (0.2mg.kg), a diferentes tiempos pos tratamiento (dpt) a través de todo el período de exposición ambiental.

Sin embargo no hubo diferencia significativa en la concentración de ivermectina en muestras de cada dpt a través de los 60 días de exposición ambiental (dpd) (Figura 2), lo que resulta indicativo de la persistencia de la droga en el ambiente.

Materia orgánica:

Hubo una gran variabilidad en los porcentajes de materia orgánica, en función de la expresión particular de cada masa fecal. En relación al grupo control, fueron encontrados mayores porcentajes de materia orgánica en muestras del grupo tratado de 1 y 3 dpt, para todo el período experimental ($p < 0.05$).

Así mismo, las diferencias de degradación de la materia orgánica en muestras fecales entre ambos grupos fueron significativas hacia el final del período de exposición ($p = 0.0036$), observándose una demora en la

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

degradación de materia orgánica en las muestras fecales procedentes de bovinos tratados con ivermectina (Figura 4).

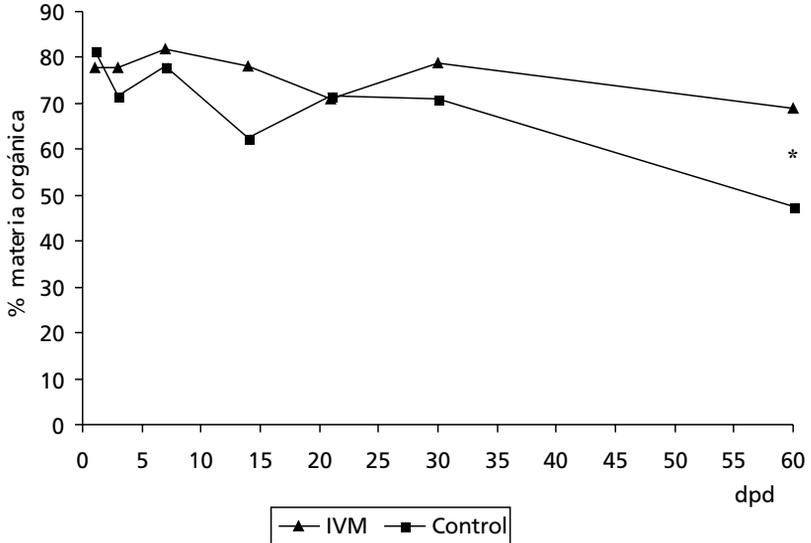


Figura 4. Porcentaje de materia orgánica en muestras fecales de animales control y tratados con ivermectina (0,2 mg.kg) a través del tiempo de exposición en el ambiente (dpd) (* $p=0.0036$). Cada dato representa el promedio acumulado de submuestras de todos los días postratamiento ($n=15$) para cada fecha de muestreo (1, 3, 7, 14, 21, 30 y 60dpd).

Organismos de la coprofauna:

La diversidad de los organismos colectados en las masas fecales muestreadas es representada en la Tabla 1.

En el período experimental se observó una comunidad menos abundante en relación con el estudio preliminar de la fauna realizado entre octubre y diciembre del 2000 (Iglesias, Saumell, Fusé, Lützelshwab, Steffan y Fiel, 2004). Esto impidió el tratamiento estadístico sobre familias y géneros de artrópodos, siendo considerados agrupamientos taxonómicos mayores. El patrón de colonización reveló mayor abundancia y diversidad de insectos y ácaros entre los 21 y 30 dpd. Formas inmaduras de insectos fueron significativamente más diversas en este período de exposición ambiental en relación con otras fechas de muestreo ($p<0.0001$).

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

Tabla 1. Insectos y ácaros indentificados en las muestras fecales de bovinos que permanecieron en las parcelas entre 1 y 60 días pos deposición durante el otoño.

Insectos holometábolos		Estadio	Insectos hemimetábolos	
DIPTERA	Anthomyiidae	L	COLLEMBOLA	Isotomidae
	Cecydomiidae	A y L		<i>Folsomides spp.</i>
	Chironomidae			
	<i>Smittia spp.</i>	A y L		
		L		
	Drosophilidae	A		Hypogastruridae
	Empididae	L		<i>Odontella</i>
	Muscidae	L		<i>Xenylla</i>
				Onychiuridae
	Psychodidae	A		<i>Lophognatella</i>
	Sarcophagidae	L		Entomobryidae
	Scatophagidae	A		<i>Willowsia spp.</i>
	Sciaridae	A y L		<i>Pseudosinella spp.</i>
	Sphaeroceridae	A y L		Sminthuridae
	<i>Leptocera spp.</i>	A y L		
COLEOPTERA	Aphodidae	A	HOMOPTERA	Cicadidae
	<i>Aphodius spp.</i>	A		Cicadelidae
	Carabidae	L		Aphididae
	Cisidae	L		
			THYSANOPTERA	Thripidae
	Curculionidae	A		
	Nitidulidae	A		
	Geotrupidae	A		
	Histeridae	A		
	Hydrophilidae	L		
	Pselaphidae	A		
	Ptiliidae	A		
	Scarabaeidae	A		
	Staphylinidae	A y L		
	<i>Platystethus spp.</i>	A y L		
	<i>Aleochara spp.</i>	A		
	<i>Acidota spp.</i>	L		
	<i>Aploderus spp.</i>	A		
	<i>Philonthus spp.</i>	L		
	<i>Oxitelus spp.</i>	L		
<i>Pseudopsis spp.</i>	L			
<i>Nanobius</i>	L			
HYMENOPTERA	Formicidae	A		
	<i>Solenopsis spp.</i>	A		
	<i>Myrmicina spp.</i>	A		
	Pteromalidae	A		
	Braconidae	A		
	Mymaridae	A		
Ácaros				
			Gamasida	Macrochelidae
				Digamasellidae
				Parholaspidae
				Uropodidae
			Oribatida	Parasitidae
				Oribatellidae
				Oribatullidae
				Galumnidae
				<i>Galumna spp.</i>
				Sheloribatidae
				<i>Sheloribates spp.</i>
				<i>Hemileius surameri</i>
				<i>canus</i>
				<i>Wooleybates dacty-</i>
				<i>loscopica</i>
				Tegoribatidae
				<i>Pseudotectoribates spp.</i>
			Acaridida	Acaridae
			Actinedida	Pigmephoridae

A: adulto; L: larva

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

Efectos de la ivermectina en la abundancia y diversidad de organismos:

Hubo diferencias significativas entre los grupos (control y tratado) en el total de artrópodos, colectados en las muestras fecales ($p=0.0014$), como también en los dpt ($p=0.0016$) y en los dpd ($p<0.0001$).

A pesar de los motivos señalados en relación al análisis de adultos de insectos, pueden realizarse algunas observaciones que prevalecieron como pautas de colonización. Los adultos de insectos agrupados en los órdenes más frecuentes (dípteros, coleópteros, colémbolos) fueron menos abundantes en muestras del grupo tratado y menos diversos ($p<0.05$). Esta reducción en la diversidad se mantuvo por más tiempo cuanto más cercano al día de tratamiento fue la deposición de materia fecal.

Las reducciones numéricas fueron significativas entre los dípteros adultos del Suborden Nematocera y Brachycera ($p<0.05$). Sin embargo, la menor abundancia de coleópteros y colémbolos en muestras de animales tratados, no resultó significativa.

El número de formas larvales de insectos en muestras del grupo tratado fue reducido significativamente ($p<0.0001$) al igual que su diversidad ($p<0.0014$).

Tanto larvas de dípteros nematoceros como de braquíceros resultaron menos abundantes en muestras de animales tratados con ivermectina ($p=0.0029$, $p<0.0001$, respectivamente) (Figuras 5 a 8).

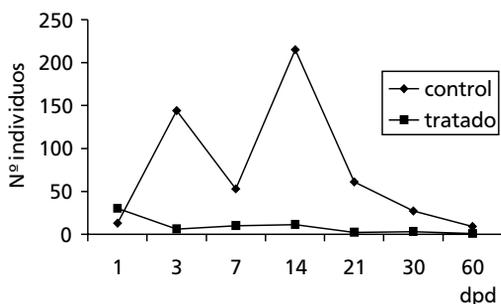


Figura 5. Abundancia de larvas de dípteros Brachycera en materia fecal de bovinos control y tratados con ivermectina (0,2mg.kg) a través del tiempo de exposición ambiental (dpd). Cada dato representa el promedio de 15 masas fecales correspondientes a todos los días postratamiento.

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

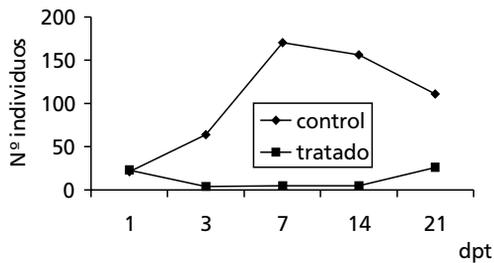


Figura 6. Abundancia de larvas de dípteros Brachycera en materia fecal de bovinos control y tratados con ivermectina (0,2 mg.kg) por cada día pos tratamiento (dpt) a través del tiempo de exposición ambiental (dpd). Cada dato representa el promedio de 21 masas fecales correspondientes a todos los días posdeposición.

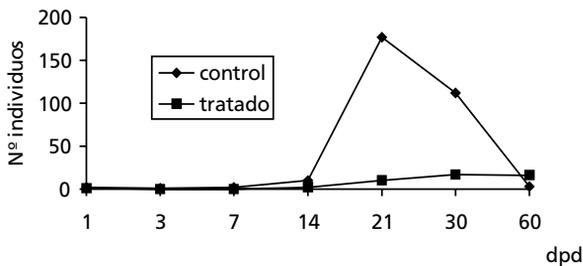


Figura 7. Abundancia de larvas de dípteros Nematocera en materia fecal de bovinos tratados con ivermectina (0,2 mg.kg) a través del tiempo de exposición ambiental (dpd). Cada dato representa el promedio de 15 masas fecales correspondientes a todos los días posdeposición.

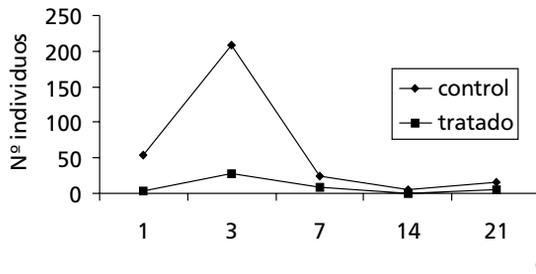


Figura 8. Abundancia de larvas de dípteros Nematocera en materia fecal de bovinos control y tratados con ivermectina (0,2mg.kg) por cada día pos tratamiento (dpt) a través del tiempo de exposición ambiental (dpd). Cada dato representa el promedio de 21 masas fecales correspondientes a todos los días posdeposición.

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

Las larvas de dípteros braquíceros fueron menos abundantes en muestras de todos los dpt, durante el período experimental. Estas diferencias fueron significativas en muestras fecales correspondientes a los 3 y 7 dpt ($p=0.017$ y 0.003 , respectivamente).

A pesar de haber sido menos numerosas en muestras del grupo tratado, no se comprobaron diferencias significativas en las larvas de coleópteros, especialmente del suborden Polyphaga que predominó en la colonización. Paralelamente, no se observó reducción de diversidad entre las familias de coleópteros.

Todos los tipos de ácaros fueron menos abundantes en muestras del grupo tratado ($p=0.0013$) (Tabla 2).

Tabla 2. Reducción de abundancia de artrópodos en materia fecal de bovinos tratados con ivermectina (0,2 mg.kg) durante el otoño en la región de Tandil, en relación con el grupo control.

Artrópodos	Control	Tratado	Valor p
<i>Insectos adultos</i>			
Dípteros Nematocera	150	111	*
Dípteros Brachycera	85	48	*
Coleópteros Polyphaga	191	181	
Colémbolos	7743	5833	
Misceláneos (otros)	67	37	
Total	8236	6210	*
<i>Insectos larvas</i>			
Dípteros Nematocera	317	41	**
Dípteros Brachycera	523	62	**
Coleópteros	127	106	
Otras larvas	25	4	
Total	988	213	**
<i>Arácnidos</i>			
Ácaros oribátidos	390	164	
Ácaros gamásidos	639	314	**
Ácaros actinedidos	28	6	*
Ácaros acarididos	24	6	*
Otros ácaros	14	3	
Misceláneos (arañas)	5	6	
Total	1100	499	**
Total artrópodos	10.324	6932	**

Niveles de diferencias significativas de la abundancia de artrópodos entre los grupos control y tratado * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

Ejemplares de ácaros gamasidos, los más representados en la colonización, fueron menos numerosos en muestras del grupo tratado ($p=0.005$), como también los actinedidos ($p=0.0288$) y acarididos ($p=0.0251$) (Tabla 2).

Entre los ácaros, la reducción de diversidad en muestras del grupo tratado fue significativa ($p<0.0121$).

En determinadas fechas pt, las muestras del grupo tratado revelaron ausencias de distintas familias de artrópodos, predominando las reducciones en las de larvas de dípteros. En muestras de 1 dpt, no hubo larvas de nematoceros de las familias Cecidomyiidae, Chironomidae y Scatopsidae. Tampoco se encontraron larvas de sarcófagidos. Ejemplares de muscídeos, sarcófagidos, esferocerídeos, *Leptocera spp* y antomídeos estuvieron ausentes en todas las muestras del grupo tratado a los 3 y en la mayoría de los 7 dpt. Entretanto, tampoco estuvieron presentes larvas de dípteros nematoceros de las familias Cecidomyiidae y Chironomidae a los 3 dpt. Sciarídeos, antomídeos y *Leptocera spp* no se encontraron en ninguna muestra del grupo tratado obtenida a los 14 dpt y hasta 30 días de exposición ambiental no fueron encontrados ejemplares de cecidomídeos y quironómidos, cuando las muestras se obtuvieron a los 21 dpt. A pesar de ser menos evidente, ausencias de coleópteros estafilínidos, afodídeos y ptilídeos, se presentaron en muestras de 1 dpt a los 3 dpd.

Otras reducciones de diversidad fueron observadas entre los ácaros. En el muestreo de 3 dpt, ácaros de las familias Macrochelidae y Parasitidae no estuvieron presentes hasta los 30 dpd. El mismo efecto se dio entre ácaros oribátidos de las familias Scheloribatidae, Oribatulidae y Galumnidae.

DISCUSIÓN

En las condiciones ambientales durante los 60 días de permanencia en las pasturas, fueron detectadas concentraciones de ivermectina en todas las muestras fecales obtenidas de animales tratados y expuestas en el ambiente, siendo las mínimas concentraciones detectadas superiores a los valores indicados por Strong y James (1993) como causantes de efectos subletales en organismos no blanco. De este modo, la droga presente en las muestras fecales no degrada totalmente en ese tiempo, al menos en la proporción suficiente para resultar inocuos ecológicamente.

96 Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados ...

Coincidiendo con otros autores (Sommer *et al.*, 1992; Suárez *et al.*, 2003) las más elevadas concentraciones de ivermectina se detectaron a los 3 dpt. Entretanto, a través del tiempo de exposición ambiental, la concentración de la droga en muestras fecales obtenidas a 1 y 3 dpt, fueron significativamente mayores a las halladas en otros tiempos pos tratamiento. Además de estos valores, los correspondientes a los 7dpt, también lo fueron en relación a los 14 y 21 dpt. Comparativamente, las concentraciones de ivermectina para tiempos semejantes pt y pd fueron mayores a las obtenidas por Suárez *et al.* (2003). Tales diferencias podrían estar determinadas por los diferentes modelos experimentales y las condiciones estacionales en las que se realizaron ambos ensayos.

En relación con la descomposición de la materia fecal, varios estudios han desestimado la acción negativa de la ivermectina y otros antiparasitarios sobre este proceso y su consecuente integración de nutrientes al suelo (Schmidt, 1983; Mc.Keand, Bairden e Ibarra-Silva, 1988; Wallace, Holste, Roncalli y Gross, 1991; Barth *et al.*, 1993). Interpretando que las mediciones físicas pueden ser afectadas por las condiciones climáticas, Barth (1993) sugiere utilizar el contenido de materia orgánica como indicador de este efecto. En La Pampa, se hallaron diferencias significativas en el peso de las masas fecales depositadas durante el otoño Suárez (2002). Sin embargo, durante la primavera no se registraron similares resultados, infiriendo ausencia de efecto de la droga sobre la descomposición de la materia fecal (Suárez *et al.*, 2003). Estas contradicciones en los resultados sugieren, por una parte, el efecto estacional sobre el comportamiento y diversidad de los organismos coprófilos y por otra parte, la necesidad de evaluar con el mismo criterio el impacto sobre la degradación de la materia fecal. La determinación de materia orgánica parecería ser un parámetro más adecuado de evaluación, aunque pocos ensayos consideraron el porcentaje de materia orgánica como indicador de la degradación física de la masa fecal. En el estudio realizado por Madsen *et al.* (1990), la degradación de la materia orgánica, fue significativamente reducida en muestras obtenidas 1 y 20 dpt, en comparación con las muestras del grupo control. Paralelamente, Sommer *et al.* (1992) observaron que según la formulación utilizada, inyectable o tópica, la demora en la degradación se manifestó en muestras colectadas hasta los 14 dpt. Sommer y Bibby (2002) relataron esos efectos en muestras fecales obtenidas 2 días pos tratamiento subcutáneo, expuestas durante 180 días al ambien-

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

te y Dadour *et al.* (1999) observaron demora en la degradación en muestras colectadas 7 y 10 dpt. Entretanto, Barth *et al.* (1993), no observaron diferencias significativas en la degradación de materia orgánica de materia fecal de bovinos tratados con la formulación de liberación lenta. En América Latina no se dispone de trabajos con idéntica formulación que permitan discutir estos resultados.

En el presente ensayo, muestras fecales obtenidas 1 y 3 días pos-tratamiento tuvieron las mayores demoras en la degradación de materia orgánica, coincidiendo con las más elevadas concentraciones de ivermectina. Así mismo, este efecto fue más notable hacia el final del período pos deposición y posiblemente habría sido más evidente en un tiempo de exposición ambiental más prolongado, lo que supone también una demora en la reincorporación de nutrientes al suelo. Resultado semejante fue señalado por Sommer y Bibby (2002), incrementándose el efecto hacia las 16 semanas de exposición ambiental tanto para ivermectina, formulación inyectable, como para otros productos de uso veterinario (spiromicina, levamisol, alfa-cypermctrina, fenbendazole) que se eliminan a través de la materia fecal. Estos datos confirman la observación realizada en estudios previos (Iglesias, Padilla y Mineiro, 1997) en los que las mediciones físicas (peso, diámetro, etc) no actuaron como indicadores del efecto de la droga en la degradación de masas fecales.

Valiela (1974) representa el desarrollo de la sucesión de organismos en materia fecal, señalando que el incremento en la diversidad de taxa a través del tiempo de exposición ambiental se traduce en un aumento de la complejidad de interacciones. Esto, además, va acompañado de modificaciones físicas en la masa fecal producidas por los propios organismos colonizadores y las condiciones ambientales, lo que identifica a cada unidad ecológica, tal como fuera considerado por Mohr (1943). Cualquier factor que altere al menos una o pocas condiciones de este ecosistema repercutirá en la red de interacciones, con efectos sobre la diversidad de organismos que aún son desconocidos, considerando que cada taxa tiene un comportamiento particular en la evolución de la colonización.

La diversidad y abundancia de organismos coprófilos varían regionalmente. En regiones templadas, la actividad en la desaparición de las masas fecales está determinada por factores estacionales, con mayor presencia de insectos y anélidos en primavera y una representativa participación microbiana durante el otoño (Holter y Hendriksen, 1988). En

nuestro estudio, la comunidad de artrópodos coprófilos en muestras fecales de animales tratados con ivermectina, fue menos abundante y diversa en relación al grupo control. Este último efecto, poco considerado en el impacto producido por los residuos de la droga, puede magnificarse dependiendo de la intensidad o frecuencia de uso de endectocidas en los programas sanitarios.

Las reducciones en diversidad entre adultos de insectos fueron evidentes en los tiempos de colonización de mayor abundancia, a pesar que muchas de las familias, especialmente de dípteros resultaron menos representadas en condiciones otoñales. Alteraciones en el desarrollo y emergencia ocasionada por la presencia de los metabolitos de la ivermectina fueron documentados (Wardhaugh y Rodríguez Menéndez, 1988; Gover y Strong, 1995b). Sin embargo, serán necesarios otros estudios regionales que, bajo condiciones controladas, determinen la susceptibilidad particular de cada familia.

El efecto sobre la abundancia y diversidad de formas larvales de dípteros nematoceros y braquiceros, indica que además de dípteros más susceptibles al contacto con la droga, sea por su aparición temprana y/o su desarrollo rápido, también se afectan especies que ingresan y desarrollan más tardíamente en la materia fecal. Contrariamente, Madsen *et al.* (1990) y Sommer *et al.* (1992) no encontraron diferencias entre las formas inmaduras de nematoceros. Las reducciones y ausencias entre las familias de larvas de dípteros demuestra diferente sensibilidad de los organismos a las concentraciones de la droga, manifestándose en otras fechas pos tratamiento además de las que presentaron las más significativas concentraciones de ivermectina y menor degradación de la materia orgánica (1 y 3 dpt).

Con esto podemos concluir que la presencia de ivermectina en heces de bovinos tratados subcutáneamente durante el otoño y que permanecieron durante 60 días en el ambiente, mantiene elevadas concentraciones, en relación con los datos de ecotoxicidad documentados, afecta la colonización natural de las masas fecales, reduciendo su abundancia y diversidad y demora la degradación de la materia orgánica, considerada como parámetro para evaluar la desaparición de la materia fecal y la consecuente incorporación de nutrientes al suelo.

Resulta difícil estimar la ecotoxicidad de estos productos de uso agropecuario, desconociendo la coprofauna regional y el papel que desem-

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

peña en este medio. De ahí, la necesidad de profundizar en estudios que evalúen estos aspectos como punto de partida para replantear e implementar recomendaciones de manejo en las producciones ganaderas, limitando el riesgo de toxicidad para el ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- BALOGH, J.; BALOGH, P. 1992. The oribatid mites genera of the world. Budapest: P. Balogh, Volumen 1, 263 p.; Volumen 2, 375 p.
- BARTH, D. 1993. Importance of methodology in the interpretation of factors affecting degradation of dung. *Veterinary Parasitology*, Amsterdam, v. 48, p 99-108.
- BARTH, D., HEINZE-MUTZ, E.M., RONCALLI, R.A., SCHLÜTER, D., GROSS, S.J. 1993. The degradation of dung produced by cattle treated with an ivermectin slow-release bolus. *Veterinary Parasitology*, v. 48, p. 215-227.
- BORROR, D. J., DeLONG, D.M., 1988. *Introdução ao estudo dos insetos*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 653 p. (Traducción de: An introduction to the study of insects).
- CHIU, S.H.L., GREEN, M.L, BAYLIS FP, ELINE D, ROSEGAY A, MERIWETHER H, JACOB, TA (1990) Absorption, tissue distribution, and excretion of tritium labeled ivermectin in cattle, sheep, and rat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 38, p. 2072-2078.
- CHRISTIANSEN, K.A. (1990) Insecta: Collembola. In: Dindal DL (ed.) *Soil Biology Guide*. John Wiley & Sons, New York, 965-995.
- DADOUR, I.R.; COOK, D.F.; NEESAM, C. 1999 Dispersal of dung containing ivermectin in the field by *Onthophagus taurus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Bulletin of Entomological Research*, v. 89, p. 119-123.
- DYBAS, H.S. 1990. Insecta: Coleoptera Ptiliidae. En.: DINDAL, D. L. (Ed.) *Soil Biology Guide*. New York: John Wiley & Sons, p.1093 -1111.
- FLECHTMANN, C. H. W. 1975. *Elementos de acarologia*. São Paulo: Nobel,. 344 p.
- FLOATE, K.D. 1998. Off-target effects of ivermectin on insects and on dung degradation in southern Alberta, Canada. *Bulletin of Entomological Research*, v. 88, p. 25-35.
- FLOATE, K.D.; FOX, A.S. 1999. Indirect effects of ivermectin residues across trophic levels: *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Bulletin of Entomological Research*, v.89, p. 225-229.
- GOVER, J., STRONG, L. 1995a. The effects of ivermectin in ingested cow-dung on the mortality and oviposition of the dung fly *Neomyia cornicina* (Diptera: Muscidae). *Bulletin of Entomological Research*, v. 85, p. 53 – 57.

100 Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados ...

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

- GOVER, J., STRONG, L. 1995b. Effects of ingested ivermectin on body mass and excretion in the dung fly, *Neomyia cornicina*. *Physiological Entomology*, v. 20, p. 93 – 99.
- GUNN, A., SADD, J.W. 1994. The effect of ivermectin on the survival, behaviour and cocoon production of the earthworm *Eisenia fetida*. *Pedobiologia*, v. 38, p. 327-333.
- HALLEY, B.A., NESSEL, R.J., LU, A.Y.H. 1989a. Environmental aspects of ivermectin usage in livestock: general considerations. En: CAMPBELL, W. C. Ivermectin and Abamectin. New York: Springer-Verlag, 11, p.162-172.
- HALLEY, B.A., JACOB, T.A., LU, A.Y.H. 1989b. The environmental impact of the use of ivermectin: environmental effects and fate. *Chemosphere*, v. 18, p. 1543-1563.
- HOLTER, P., HENDRIKSEN, N.B. 1988. Respiratory and bulk export of organic matter from cattle dung pats: a field study. *Holarctic Ecology*, v. 11 (2), p. 81-86.
- IGLESIAS, L., PADILHA, T.; MINEIRO, J.L. de. 1997. Efeitos dos resíduos do ivermectin na colonização e degradação de bolos fecais bovinos. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 6 (2), supl. 1, p.95.
- IGLESIAS, L. 1998. Colonização de bolos fecais de bovinos tratados com ivermectin durante a época seca em condições simuladas de campo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora (MG) Brasil.
- IGLESIAS, L.E., SAUMELL, C.A., FUSÉ, L.A., LÜTZELSCHWAB, C.A., STEFFAN, P.E. Y FIEL, C.A.. 2004. Patrón primaveral de colonización y permanencia de artrópodos en masas fecales de bovinos en la zona de Tandil, Argentina. *RIA*, v.33, (2), p. 85-100.
- JENSEN, J., KROGH, P.H., SVERDRUP, L.E. 2003. Effects of the antibacterial agents tiamulin, olanquinox and metronidazole and the anthelmintic ivermectin on the soil invertebrate species *Folsomia fimetaria* (Collembola) and *Enchytraeus crypticus* (Enchytraeidae). *Chemosphere*, v.50, p. 437-443.
- KRANTZ, G. W. 1978. A manual of acarology. 2nd ed. Corvallis: Oregon State University Book Stores. Inc., 509 p.
- LIFSCHITZ, A.; VIRKEL, G.; SALLOVITZ, J.; SUTRA, J.F.; GALTIER, P.; ALVINERIE, M., LANUSSE, C.; 2000. «Comparative distribution of ivermectin and doramectin to tissues of parasite location in cattle» *Veterinary Parasitology*, v. 87, p.327-338.
- MADSEN, M., OVERGAARD NIELSEN, B., HOLTER, P., PEDERSEN O.C., BRØCHNER-JESPERSEN, J., VAGN-JENSEN, K.M., NANSEN, P., GRØNVOLD, J., 1990. Treating cattle with ivermectin: effects on the fauna and decomposition of dung pats. *Journal of Applied Ecology*, v. 27, p. 1-15.
- Mc. ALPINE, J.F. (1990) *Insecta: Diptera adults*. In: Dindal DL (ed.) *Soil Biology Guide*. John Wiley & Sons, New York, 1211-1252.
- McKEAND, J., BAIRDEN, K., IBARRA-SILVA, A.M. 1988. The degradation of bovine

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

- fecal pats containing ivermectin. *Veterinary Record*, v. 122, p. 587-588.
- MOHR, C.O. 1943. Cattle droppings as ecological units. *Ecological Monographs*, v. 13 (3), p. 275-298.
- PETERSON, A. 1967. Larvae of insects. An introduction to nearctic species. 6th ed. Ann Arbor: Edwards Brothers, Inc., Part I-II.
- SAS Institute Inc., 1989. *SAS/STAT User's Guide*, Version 6, Fourth Edition, Volumen 1, Cary, NC: SAS Institute Inc., 943 pp.
- SCHMIDT, C.D. 1983. Activity of an avermectin against selected insects in aging manure. *Environmental Entomology*, v. 12, p. 455-457.
- SOMMER, C., STEFFANSEN, B., OVERGAARD-NIELSEN, B., GRØNVOLD, J., VAGNJENSEN, K.M., BRØCHNER-JESPERSEN, J., SPRINGBORG, J., NANSEN, P. 1992. Ivermectin excreted in cattle dung after subcutaneous injection or pour-on treatment: concentrations and impact on dung fauna. *Bulletin of Entomological Research*, v. 82, p. 257-264.
- SOMMER, C., GRØNVOLD, J., HOLTER, P., NANSEN, P. 1993. Effects of ivermectin on two afro-tropical dung beetles, *Onthophagus gazella* and *Diastellopalpus quinque-dens* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Veterinary Parasitology*, v. 48, p. 171-179.
- SOMMER, C.; BIBBY, B.M. 2002. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*, v. 38, p. 155-159.
- STRONG, L., JAMES, S. 1993. Some effects of ivermectin on the yellow dung fly, *Scatophaga stercoraria*. *Veterinary Parasitology*, v. 48, p. 181-191.
- SUÁREZ, V.H. 2002. Colonización de invertebrados y degradación de las excretas de bovinos tratados con doramectina e ivermectina en otoño. *Revista de Medicina Veterinaria*, v. 83 (3), p. 108-111.
- SUÁREZ, V.H., LIFSCHITZ, A.L., SALLOVITZ, J.M., LANUSSE, C.E. 2003. Effects of ivermectin and doramectin faecal residues on the invertebrate colonization of cattle dung. *Journal of Applied Entomology*, v. 127, p. 1-8.
- SVENDSEN, T.S., SOMMER, C., HOLTER, P., GRØNVOLD, J. 2002. Survival and growth of *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae) fed on dung from cattle given sustained-release boluses of ivermectin or fenbendazole. *European Journal of Soil Biology*, v. 38, p. 319-322.
- VALIELA, I. 1974. Composition, food webs and population limitation in dung arthropod communities during invasion and succession. *The American Midland Naturalist*, v. 92, n. 2, p. 370-385.
- WALL, R., STRONG, L. 1987. Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. *Nature*, v. 327, p. 418-421.
- WALLACE, D.H., HOLSTE, J., RONCALLI, R., GROSS, S. 1991. The degradation of dung pats from ivermectin-treated cattle under field conditions. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF VETERINARY PARASITOLOGISTS,

102 Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados ...

RIA 34 (3): 83-103, Diciembre 2005. INTA, Argentina

36, Seattle. Proceedings... Seattle, 1991, p. 35.

WARDHAUGH, K.G., LONGSTAFF, B.C., MORTON, R.A. 2001. A comparison of the development and survival of the dung beetle, *Onthophagus taurus* (Schreb.) when fed on the faeces of cattle treated with pour-on formulations of eprinomectin or moxidectin. *Veterinary Parasitology*, v. 99 (2), p. 155-168.

WARDHAUGH, K. G., RODRIGUEZ MENENDEZ, H. 1988. The effects of the antiparasitic drug, ivermectin, on the development and survival of the dung-breeding fly, *Orthelia cornicina* (F) and the scarabaeine dung beetles, *Copris hispanus* L., *Bubas bubalus* (Oliver) and *Onitis belial* F. *Journal of Applied Entomology*, v. 106, p. 381 – 389.

Original recibido en febrero de 2005