

Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin en el control de la oveja ked (*Melophagus ovinus*)

Effect of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin on the control of sheep ked (*Melophagus ovinus*)

Adrián Hernando Valbuena Puentes¹, Adriana Marcela Galindo Soracá^{2,3},
Yefer Mauricio Boyacá Quintana²

RESUMEN

Melophagus ovinus (oveja ked) es un parásito común del ovino, su control se basa en tratamientos químicos; sin embargo, las consecuencias de tipo ambiental y en la salud pública obliga a la aplicación de tratamientos alternativos como los hongos entomopatógenos. El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del hongo *Beauveria bassiana* sobre el parásito en ovinos naturalmente infestados. Se utilizaron 15 ovejas adultas Hampshire cruzadas, distribuidas al azar en tres tratamientos de aspersión con diluciones: T1: 3.2×10^8 conidios/ml, T2: 3.2×10^8 conidios/ml + 5% de azúcar y T control: Agua destilada. Se realizó el conteo diario de los parásitos sobre el animal para determinar la densidad poblacional y la eficacia de los tratamientos. La densidad poblacional fue controlada a partir del día 14 con *B. bassiana*, reduciendo la presencia de la ked en un 90% (T1 y T2), frente a un 5.9% en el T Control ($p < 0.05$). El estudio sugiere que *B. bassiana* funciona con una eficacia de 89.3% para el control de *M. ovinus*

Palabras clave: control biológico, falsa garrapata, ovino, eficacia, *in vivo*

ABSTRACT

Melophagus ovinus (sheep ked) is a common parasite of sheep, its control is based on chemical treatments; however, the environmental and public health consequences require the application of alternative treatments such as entomopathogenic fungi. The

¹ Programa Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Boyacá, Colombia

² Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Boyacá, Colombia

³ E-mail: agalindo@jdc.edu.co

Recibido: 23 de julio de 2020

Aceptado para publicación: 28 de enero de 2021

Publicado: 24 de abril de 2021

study aimed to determine the effect of the fungus *Beuveria bassiana* on the parasite in naturally infested sheep. Fifteen adult Hampshire crossbred sheep were used, randomly distributed in three spray treatments with dilutions: T1: 3.2×10^8 conidia/ml, T2: 3.2×10^8 conidia/ml + 5% sugar and control T: distilled water. The daily parasites were counted on the animal to determine the population density and the efficacy of the treatments. The population density was controlled from day 14 with *B. bassiana*, reducing the presence of ked by 90% (T1 and T2), compared to 5.9% in the T Control ($p < 0.05$). The study suggests that *B. bassiana* works with an efficacy of 89.3% for the control of *M. ovinus*.

Key words: biological control, false tick, sheep, efficacy, *in vivo*

INTRODUCCIÓN

El *Melophagus ovinus* (*M. ovinus*) también llamado oveja ked es un díptero hematófago sin alas de la familia Hippoboscidae que se ubica en la lana de las ovejas. Es un parásito que puede llegar a causar anemia en casos de alta carga parasitaria, afectar la conducta de pastoreo por la irritación y el prurito, pérdidas en la ganancia de peso diaria y en la producción de lana y piel (Antonelli y Sandoval, 2010; Larroza *et al.*, 2012; Larroza, 2013; Duan *et al.*, 2017).

El tratamiento contra esta parasitosis se realiza con productos inyectables como lactonas macrocíclicas, así como con baños de inmersión y aspersion con cipermetrinas (Álvarez, 2007); sin embargo, el uso de tratamientos de control alternos con hongos, diatomeas y nemátodos entomopatógenos ha sido considerado (Gómez *et al.*, 2012).

Los hongos entomopatógenos son enemigos naturales de los insectos; y pueden llegar a exterminar poblaciones de plagas sin generar efectos perjudiciales para la salud humana o el medio ambiente (Khan *et al.*, 2012). Se conoce que hongos del género *Beuveria* son eficaces para el control de varios insectos por su alta patogenicidad al penetrar en el hemocele de su hospedero y

causarle la muerte tras la producción de toxinas (Mejía *et al.*, 2016; Rao y Narladkar, 2018). Las esporas del hongo entran en contacto con la superficie quitinosa del insecto, donde inicia el mecanismo entomopatógeno de adhesión, germinación y penetración por medio de enzimas proteasas, quitinasas y lipasas (Monzón, 2001; Pedrini *et al.*, 2007; Wang y Leger, 2007) y dentro del huésped contrarresta los mecanismos inmunes del insecto propiciando efectos nocivos y la muerte (Téllez *et al.*, 2009).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto *in vivo* del hongo entomopatógeno *B. bassiana* en el parásito *M. ovinus* de ovejas naturalmente infestadas provenientes del municipio de Güicán de la Sierra, Boyacá, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del Estudio

El estudio se realizó en la finca La Cabaña, ubicada en el municipio de Güicán de la Sierra, departamento de Boyacá, Colombia. La región se encuentra a una altitud de 2895 msnm, y presenta una temperatura media de 13 °C y humedad relativa de 80% (Alcaldía Guicán de la Sierra, 2019).

Animales

Se utilizaron 15 ovejas adultas Hampshire Down cruzadas que se encontraban naturalmente infestadas por *M. ovinus*. Los animales tenían un peso promedio de 40 kg, edades de 2.5 a 3 años y eran parte del rebaño comercial de la finca. Las ovejas se distribuyeron en tres grupos en corrales de 12 m², con periodos de pastoreo de 4 horas al día en praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y agua a voluntad.

Hongo Entomopatógeno

Se usó la cepa comercial del hongo *Beauveria bassiana* ADRAL®wp de Bio-Crop (Colombia), en la presentación líquida en agua destilada con Tween 80 al 0.1%. Se tomó 1 ml en una cámara de Neubauer y se calculó el número total de conidios por mililitro usando la fórmula (Cañedo y Ames, 2004) $\text{Conidias (ml)} = \text{N.}^\circ \text{ conidias contadas} \times 25\,000 \times \text{factor de dilución}$, obteniéndose una concentración de 2×10^8 conidios/ml de *B. bassiana*.

Adicionalmente se cultivó el hongo en caja Petri con agar Sabouraud usando la técnica de estría por agotamiento en incubación a 30 °C y 80% HR durante 72 h. La identificación del hongo se hizo con tinción de lactofenol a interpretación microscópica de las características morfológicas según el Manual de Hongos Entomopatógenos (Cañedo y Ames, 2004).

Tratamientos

Se trabajó con tres tratamientos:

- T1: 8.3 ml de la cepa comercial en 500 ml de agua destilada (3.2×10^6 conidios/ml)
- T2: 8.3 ml de la cepa comercial en 500 ml de agua destilada y azucara al 5% como coadyuvante (3.2×10^6 conidios/ml)
- T(Control): 500 ml de agua destilada

Cuadro 1. Tablas de frecuencia de grados de densidad poblacional

Grado	Parásitos (n)
0	0
1	1-12
2	13-24
3	25- 36
4	37- 50

Los tratamientos fueron aplicados una vez por aspersión con bomba de espalda a cada animal cubriendo toda la superficie corporal del animal. La aplicación se hizo en horas de la tarde con los animales dentro del aprisco para evitar efectos de la luz solar sobre la cepa fúngica.

Identificación de Parásitos

El conteo de los parásitos se realizó cada 24 horas a la misma hora en la mañana de forma directa y durante tres semanas. Se observó cada canal formado naturalmente por el vellón desde cuello, pecho, brazo y antebrazo de la región lateral izquierda, repitiendo la observación en la región contralateral (Becerra y Otrando, 2020; Small, 2005). Los datos se organizaron en tablas de frecuencia con intervalos, a los que para efectos de este estudio se les denominaron grado de densidad poblacional (Cuadro 1).

Para determinar el efecto del hongo se realizó conteo diario de los parásitos presentes en área corporal establecida. El valor fue expresado en porcentaje con el número de melófagos vivos en cada repetición y tratamiento. Los valores se reemplazaron con las siguientes fórmulas de eficacia de ectoparasiticidas (Abbot, 1925; Holdsworth *et al.*, 2006):

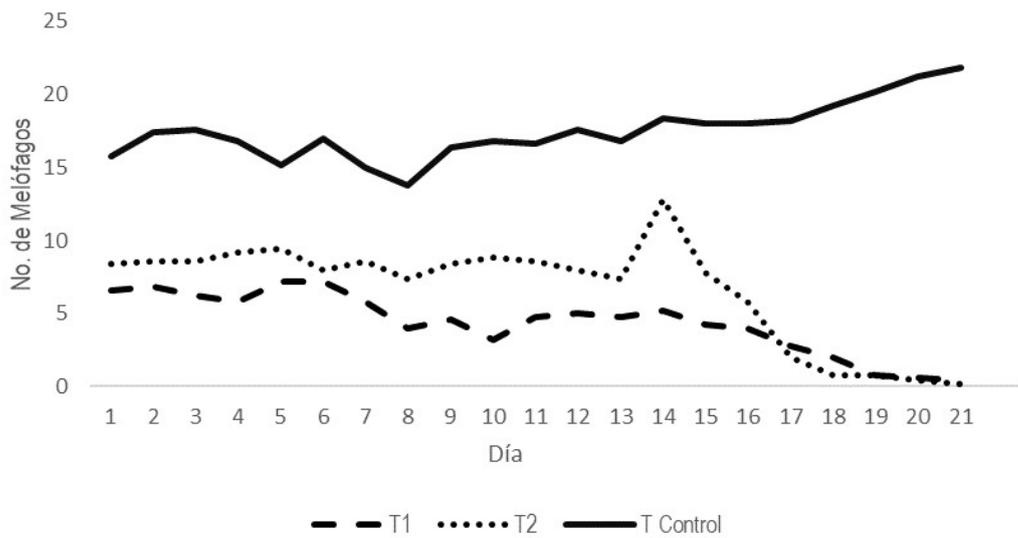


Figura 1. Número de *Melophagus ovinus* en cuello, pecho, brazo y antebrazo de la región lateral izquierda y derecha de ovinos tratados con *Beuveria bassiana*. T1: 3.2×10^6 conidias/ml de agua destilada; T2; como T1 pero con agua destilada azucarada al 5%; T Control: agua destilada

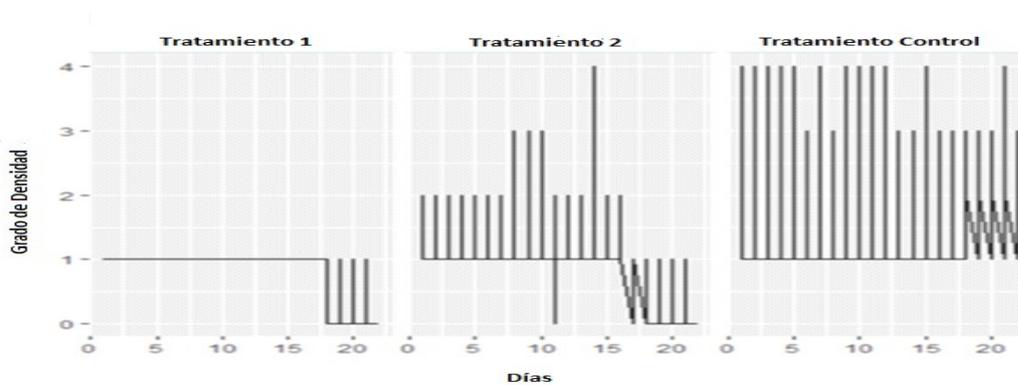


Figura 2. Densidad poblacional de *Melophagus ovinus* tratados con *Beuveria bassiana* (LSD de Fisher). T1: 3.2×10^6 conidias/ml de agua destilada; T2; como T1 pero con agua destilada azucarada al 5%; T Control: agua destilada

- % Supervivencia = (Número de melófagos vivos / número total de melófagos) * 100
 - % Mortalidad (%) = 100 - Supervivencia (%)

- % Eficacia = [(% Supervivencia del Control - % Supervivencia del tratamiento) / (% Supervivencia del Control)] * 100

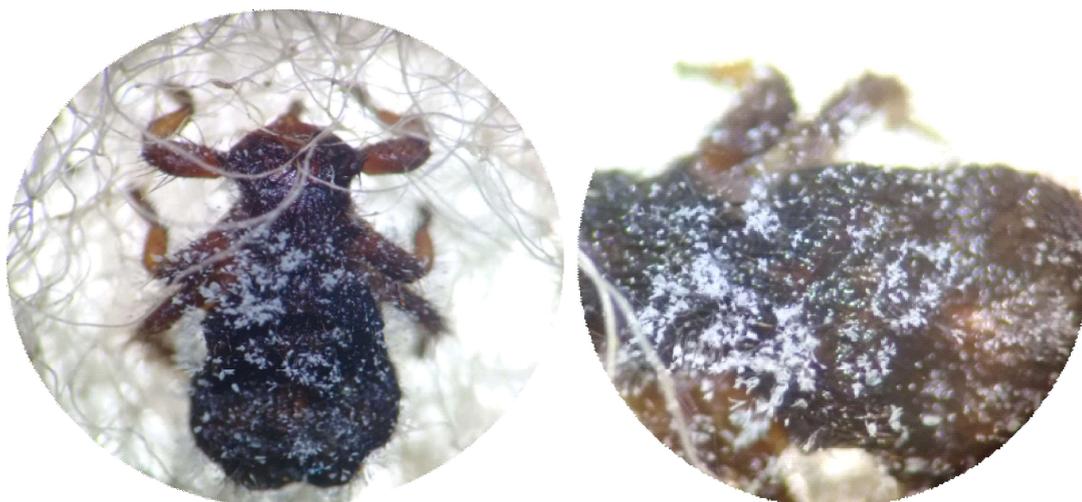


Figura 3. Crecimiento de micelios sobre cutícula de *Melophagus ovinus* tratados con *Beauveria bassiana*

Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y las diferencias entre medias mediante la prueba de Fisher ($p < 0.05$).

RESULTADOS

El número promedio de melófagos al inicio del estudio fue de 4.3 ± 2.1 , 6.6 ± 3.5 y de 17.5 ± 1.9 para T1, T2 y T(Control), respectivamente. La variabilidad en el número de *M. ovinus* en cada conteo pudo asociarse al desplazamiento de parásitos dentro del área de conteo (Figura 1).

La población tratada con *B. bassiana* se redujo en 50% a partir del día 16 del estudio (Figura 1). Los ovinos de T1 presentaron valores de control más favorables, que fueron igualados por los ovinos de T2 a los 21 días llegando a un promedio de 0.5 parásitos por conteo, valor significativamente menor que en el grupo control ($p < 0.05$).

Los tratamientos con *B. bassiana* tuvieron densidad «0» a partir de la segunda semana, mientras que la densidad en el grupo control fue de «4» ($p < 0.05$) (Figura 2). La mortalidad fue determinada a partir de la relación de supervivencia, ya que el conteo de los insectos muertos que caen del vellón del animal fue imperceptible. En los parásitos muertos o moribundos que fueron colectados se evidenció una coloración más oscura, nulas (o poca) respuesta al estímulo y algunos de ellos con micelios en la cutícula (Figura 3).

Los porcentajes de mortalidad de *M. ovinus* en los días 7, 14 y 21 del estudio se muestran en el Cuadro 2. La mortalidad se incrementó notoriamente en T1 y T2, llegando a ser de 90% en el día 21, en tanto que en el grupo control fue de 5.9% ($p < 0.05$). La eficacia en el control de *M. ovinus* fue de 89.3% ($p < 0.05$), indicando la conveniencia de los tratamientos con hongos (Holdsworth *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad en el día 7, 14 y 21 de *Melophagus ovinus* en ovinos tratados con *Beuveria bassiana*

Día	Mortalidad (%)		
	T1	T2	T control
7	18.3 ^a	6.0 ^b	7.4 ^b
14	18.8 ^a	11.0 ^b	5.9 ^c
21	90.0 ^a	90.0 ^a	5.9 ^b

^{a,b,c} Valores promedios de filas con diferentes letra son diferentes ($p < 0.05$)

T1: 3.2×10^6 conidios/ml de agua destilada; T2; como T1 pero con agua destilada azucarada al 5%; T Control: agua destilada

DISCUSIÓN

Las características biológicas de *M. ovinus* y su notable necesidad de realizar todo su ciclo biológico en la oveja, su hospedero natural, contribuyen a que su cultivo *in vitro* se dificulte, ya que solo sobrevive una media de 24 horas fuera del hospedero (Manosalva *et al.*, 2013).

A pesar de que los tratamientos se unificaron por peso y edad, se encontraron diferencias en la densidad poblacional inicial, lo cual puede atribuirse a factores de susceptibilidad intrínsecos como condición corporal, densidad de la lana, edad, gestación, y sexo que permiten una mayor o menor colonización de los melófagos (Olaechea *et al.*, 2006; Olaechea, 2009; Scasta y Koepke, 2016). La población de melófagos se mantuvo muy activa durante el estudio, desplazándose en el vellón, próximos o alejados de la piel, comportamiento motivado por variaciones de temperatura corporal y ambiental (Olaechea, 2009).

Existen diversas causas naturales que generan bajas en la población del melófago, como adaptabilidad y resistencia propia del hospedador (Nelson y Bainborough, 1963;

Nelson y Kozub, 1980), aunque ha sido sugerido que los parásitos ubicados en la superficie del vellón tienen mayor riesgo de mortalidad por caer al suelo, por depredación e incluso por ingestión por parte de la oveja (Becerra y Otrando, 2020); sin embargo, la densidad poblacional «0» obtenida en los tratamientos con *B. bassiana* indican un efecto controlador del hongo para *M. ovinus* al comparar las densidades con la del grupo no tratado.

La mortalidad obtenida en T1 y T2 de 90% fue superior a la reportada por Gómez *et al.* (2012) con mortalidades de 64.1% en ovejas con vellón largo y de 79.4% en ovinos esquilados, donde estos grupos fueron tratados con formulación líquida de 10^9 conidios/ml de *B. bassiana* por 30 días. De otra parte, el 89% de eficacia de los tratamientos con *B. bassiana*, se acercan a la eficacia reportada por Tofiño *et al.* (2018) de 96.8%, al aplicar aspersiones del hongo a una concentración de 10^6 conidios/ml para el control de garrapatas *R. microplus*. Las diferencias pueden sugerir que los datos de mortalidad varían en virtud de la concentración, el potencial patógeno de la cepa fúngica y las condiciones de humedad y temperatura adecuadas para el crecimiento de *B. bassiana*.

Los *M. ovinos* de los grupos tratados presentaron disminución de movimiento hasta parálisis y cambio en la coloración tornándose a un café oscuro. Los cambios de color pueden estar asociados a la melanización, proceso que es descrito en los insectos como una respuesta del sistema inmune humoral a la llegada de cualquier agente externo, y se conoce bajo el nombre de sistema profenoloxidasa (Vargas y Ortega, 1994; Chase *et al.*, 2000; Chávez *et al.*, 2014; Jiang *et al.*, 2019).

El efecto del hongo entomopatógeno fue comprobado. La muerte de los parásitos contrasta con su capacidad patógena, que se resume en ingresar a la hemolinfa ocasionando disrupción en la homeodinamia parasitaria y con ello la muerte (Kirkland *et al.*, 2005; Pucheta *et al.*, 2006; Harrison y Bonning, 2010; Ortiz y Nemat, 2013). La muerte del parásito y el tiempo de presentación del hongo influenciada por la actividad enzimática y la cantidad de sustrato establece que entre 3 a 7 días de la muerte del parásito ocurre la esporulación fuera del esqueleto (Angelo *et al.*, 2010). La esporulación puede ocurrir interna y externamente, dependiendo de la humedad, que cuando es baja se dificulta la esporulación externa pudiendo ser el caso de los tratamientos (Delgado y Murcia, 2011); sin embargo, este comportamiento justifica que una baja germinación puede igual generar la muerte de los parásitos (Feijó *et al.*, 2007), pues los conidios pudieron producir toxinas que generaron la patogenicidad. La muerte de los parásitos no se encontró asociada a la presentación de micelios de *B. bassiana*. La producción de micelios no está asociada a mayor virulencia y a la patogenicidad (Obando y Bustillo, 2011).

La aplicación de azúcar como coadyuvante del *B. bassiana* en el presente estudio no alteró la eficacia entre los tratamientos, no evidenció el objetivo de su aplicación para mejorar la eficacia en campo del producto, la estabilidad durante su aplicación, ni la adhesión y penetración del hongo en el parásito (Bastidas *et al* 2009), datos que difieren a

Arrubla *et al.* (2008), quienes mezclaron *B. bassiana* con azúcar al 5% para el control de la broca, demostrando un mejor resultado.

CONCLUSIONES

- La aspersión de *Beauveria bassiana* a concentración de 3.32×10^6 conidios/ml generó un 89% de control de la población de *Melophagus ovinus* a los 21 días del tratamiento.
- La mortalidad y la eficacia del tratamiento se atribuye a los mecanismos patógenos propios del hongo *B. bassiana*.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Juan de Castellanos y su Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales por apoyar el proyecto de investigación.

LITERATURA CITADA

- 1 **Abbott WS. 1987.** A method of computing the effectiveness of an insecticide 1925. *J am mosquito contr* 18: 265-267.
- 2 **Alcaldía Güicán de la Sierra 2019.** Nuestro municipio. [Internet]. Disponible en <http://www.guican-boyaca.gov.co>.
- 3 **Angelo I, Gólo P, Camargo M, Kluck G, Folly E, Bittencourt VR. 2010.** Haemolymph protein and lipid profile of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* infected by fungi. *Transbound Emerg Dis* 57: 79-83. doi: 10.1111/j.18651682.-2010.01119.x
- 4 **Antonelli A, Sandoval L. 2010.** Control of sheep keds. Washington State University. [Internet]. Available in: <https://research.libraries.wsu.edu/xmlui/handle/2376/16184>
- 5 **Álvarez F. 2007.** Eficacia de cuatro antiparasitarios para el control de *Melophagus ovinus* en la Región de Magallanes, Patagonia Chilena. *Parasitol*

- Latinoam 62: 176-179. doi: 10.4067/S0717-77122007000200012
- 6 **Arrubla M, Cárdenas R, Posada F. 2008.** Adherencia de las esporas de *Beauveria bassiana* formuladas en polvo y líquido sobre la broca del café. Rev U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 11: 123-133.
 - 7 **Bastidas A, Velásquez E, Marín P, Benavides P, Bustillo A, Orozco F. 2009.** Evaluación de preformulados de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin, para el control de la broca del café. Agronomía 17: 44-61.
 - 8 **Becerra M, Otrando D. 2020.** Keds, las enigmáticas moscas y su papel como vectores de patógenos. Acta Trop 209: 105-521.
 - 9 **Cañedo V, Ames T. 2004.** Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). 62 p.
 - 10 **Chase MR, Raina K, Bruno J, Sugumaran M. 2000.** Purification, characterization and molecular cloning of prophenoloxidasas from *Sarcophaga bullata*. Insect Biochem Molec 30: 953-967. doi: 10.1016/s0965-1748(00)00068-0
 - 11 **Chávez E, Rodríguez S, Sánchez L, Hamdan A, Barranco J. 2014.** Actividad insecticida *in vitro* de extracto crudo de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin sobre larvas de *Phyllophaga* spp. (Harris). Rev Prot Veg 29: 226-230.
 - 12 **Delgado P, Murcia B. 2011.** Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. Ambigua 6: 77-90. doi: 10.4136/ambigua.187
 - 13 **Duan D, Liu G, Cheng T, Wang Y. 2017.** Microbial population analysis of the midgut of *Melophagus ovinus* via high-throughput sequencing. Parasite Vector 10: 382. doi: 10.1186/s13071-017-2323-1
 - 14 **Feijó F, Lima P, Alves N, Luna E. 2007.** Comportamento e aspectos citológicos de *Beauveria bassiana* após passagem em ovo, larva e adulto de *Chrysomya albiceps*. Arq Inst Biol 74: 349-355.
 - 15 **Gómez R, Nova A, Méndez P, Palazuelos P, Venegas R. 2012.** Manual. Control biológico de *Melophagus ovinus*. Chile: Centro de Educación y Tecnología, Ministerio de agricultura. 28 p.
 - 16 **Harrison R, Bonning B. 2010.** Proteases as insecticidal agents. Toxins 2: 935-953. doi: 10.3390/toxins2050935
 - 17 **Holdsworth PA, Vercreyusse J, Rehbein S, Peter RJ, De Bruin C, Letonja T, Green P. 2006.** World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guidelines for evaluating the efficacy of ectoparasitocides against biting and nuisance flies on ruminants. Vet Parasitol 136: 3-13. doi: 10.1016/j.vetpar.2005.11.006
 - 18 **Jiang, U, Yuan U, Yang R, Zhang N, Gu N. 2019.** *Beauveria bassiana* is a potential effective biological agent against *Psoroptes ovis* var. *cuniculi* mites. Biol Control 131: 43-48
 - 19 **Khan S, Guo I, Maimaiti Y, Mijit M, Qiu D. 2012.** Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. Molecular Plant Breed Biotechnol 3: 63-79.
 - 20 **Kirkland B, Eisa A, Keyhani N. 2005.** Oxalic acid as a fungal acaricidal virulence factor. J Med Entomol 42: 346-351. doi: 10.1093/jmedent/42.3.346
 - 21 **Larroza M, Leiva D, Escribano C, Disalvo V, Montero V, Pantoja C, Olmedo E, et al. 2012.** Caracterización de la melofagosis en la provincia de Tierra del Fuego, Argentina. 35° Congreso Argentino de Producción Animal. Córdoba, Argentina.
 - 22 **Larroza M. 2013.** Caracterización de la melofagosis en ovinos en la Región Patagónica: ciclo biológico, dinámica poblacional y distribución. Tesis Doctoral. Argentina: Univ. Nacional de La Plata. 118 p.
 - 23 **Manosalva L, Oyarzun A, Freile ML, Quiroz A, Fajardo V. 2011.** Promissory insecticide activity of compounds of plants against sheep keds (*Melophagus ovinus*) (Diptero: Hippoboscidae), sheep ectoparasite. 3rd International Workshop: Advances in Science and Technology of Biosource. Pucón, Chile.

- 24 **Mejía OS, Gómez RJ, López GG, Cruz LL, Valle MJ, 2016.** Evaluation of the pathogenicity of isolates of *Beauveria bassiana* against *Rhyssomatus nigerrimus*. Southwest Entomol 41: 41-50. doi: 10.3958/059.041.0106
- 25 **Monzón A. 2001.** Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Manejo Integrado de Plagas 63: 95-103.
- 26 **Nelson WA, Bainborough AR. 1963.** Development in sheep of resistance to the ked *Melophagus ovinus* (L). III. Histopathology of sheep skin as a clue to the nature of resistance. Exp Parasitol 13: 118-127. doi: 10.1016/0014-4894(63)90061-4
- 27 **Nelson WA, Kozub GC. 1980.** *Melophagus ovinus* (Diptera: Hippoboscidae): evidence of local mediation in acquired resistance of sheep to keds. J Med Entomol 17: 291-297. doi: 10.1093/jmedent/17.4.291
- 28 **Obando JA, Bustillo AE. 2011.** Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). Rev Colomb Entomol 39: 26-33.
- 29 **Olaechea F, Corley J, Larroza M, Raffo F, Cabrera R. 2006.** Ingreso y evolución del parasitismo por *Melophagus ovinus* en una majada Corriedale en el noroeste de la Patagonia Argentina. Parasitol Latinoam 61: 86-89. doi: 10.4067/S0717-77122006000100013
- 30 **Olaechea F. 2009.** Aspectos básicos del ectoparásito más frecuente que afecta las majadas del sur patagónico, *Malófagos ovinus*. Veterinarios Patagónicos 554: 5-7.
- 31 **Ortiz-Urquiza A, Keyhani NO. 2013.** Action on the surface: entomopathogenic fungi *versus* the insect cuticle. Insects 4: 357-374. doi: 10.3390/insects4030357
- 32 **Pedrini N, Crespo R, Juárez P. 2007.** Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. Comp Biochem Phys C 146: 124-137. doi: 10.1016/j.cbpc.2006.08.003
- 33 **Pucheta M, Flores A, Rodríguez S, De La Torre M. 2006.** Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Rev Mex Micol 31: 856-860.
- 34 **Rao G, Nartadkar B. 2018.** Role of entomopathogenic fungi in tick control: a review. J Entomol Zool Stud 6: 1265-1269.
- 35 **Scasta JD, Koepke, K. 2016.** Host-parasite ecology of keds (*Melophagus ovinus* (L)) relative to sheep breed and age on Wyoming rangeland. Livest Sci 189: 17-22. doi: 10.1016/j.livsci.2016.-05.002
- 36 **Small RS. 2005.** A review of *Melophagus ovinus* (L), the sheep ked. Vet Parasitol 130: 141-155. doi: 10.1016/j.vetpar.2005.03.005
- 37 **Téllez A, Cruz M, Mercado Y, Torres A, Cuenca A. 2009.** Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Rev Mex Micol 30: 73-80.
- 38 **Tofiño A, Ortega M, Pedraza B, Perdomo S, Moya D. 2018.** Efectividad de *Beauveria bassiana* (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en el Departamento de la Guajira, Colombia. Rev Argent Microbiol 50: 426-430. doi: 10.1016/j.ram.2017.10.005
- 39 **Vargas-Albores F, Ortega-Rubio A. 1994.** El sistema immune humoral de los insectos. Tópicos de Investigación y Posgrado 4: 21-28.
- 40 **Wang C, St Leger RJ. 2007.** The MAD1 adhesin of *Metarhizium anisopliae* links adhesion with blastospore production and virulence to insects, and the MAD2 adhesin enables attachment to plants. Eukaryot Cell 6: 808-816. doi: 10.1128/EC.00409-06