

ARTÍCULO RESEÑA

**El Gusano Barrenador del Ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera:Calliphoridae): un problema en la salud animal y humana**

**Jesús Gregorio Rodríguez Diego<sup>I</sup>, Javier Lorenzo Olivares Orozco<sup>I</sup>, Yolanda Sánchez Castilleja<sup>I</sup>, Javier Arece García<sup>II</sup>**

<sup>I</sup>Departamento de Producción Agrícola y Animal. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calzada del Hueso No. 1100, Colonia Villa Quietud. CP04960, México, D.F.

Correo electrónico: [jesus122001@yahoo.es.mx](mailto:jesus122001@yahoo.es.mx). <sup>II</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes «Indio Hatuey». Central España Republicana. CP 44280. Matanzas, Cuba.

**RESUMEN:** El Gusano Barrenador del Ganado (GBG) continúa siendo un problema veterinario y humano en América del Sur y parte del Caribe. Con el objetivo de actualizar el tema, sobre la base de las investigaciones de los últimos seis años, se revisó el acervo informativo relacionado existente y se comparan y discuten algunos resultados de los autores de este artículo con lo encontrado en dicho marco. Los estudios sobre el agente han versado sobre su biología, epidemiología, papel zoonótico, el control y la resistencia a insecticidas. En el tema se han realizado estudios de las diferencias en las alas del agente y algunos insectos afines, como un buen marcador para la identificación; la elaboración de una clave para la identificación de las larvas del primer estadio del ectoparásito; la obtención de evidencias de que las poblaciones del insecto migraron de norte a sur en el continente americano, al final del último máximo glacial y, posteriormente, en la transición entre el Pleistoceno y el Holoceno; la valoración de las pérdidas económicas causadas por el insecto en miles de millones de dólares (\$ 0.34) en Brasil; el estudio de tres cebadores diferentes que mostraron polimorfismos (intraespecífico) para muestras procedentes de México, Costa Rica, Panamá, Jamaica y Brasil; el uso de otros dos cebadores (CR92A1 y J1A2) que permitieron discriminar, con éxito, entre *Cochliomyia hominivorax* y *C. macellaria*; la asociación entre la carga de *Rhipicephalus microplus* y la ocurrencia de miasis por *C. hominivorax*, con un riesgo relativo de la enfermedad en el ganado con alta carga de garrapatas de 3,85; nuevos casos de miasis humana (en cabeza, asociado a *Pediculus humanuscapitis*, maxilar y otras localizaciones) en diferentes lugares de las áreas donde abunda el agente; evidencia de la ineficacia de la ivermectina y abamectina en la prevención de la miasis escrotal en toros; la presencia de mutaciones del gen E3, en asociación con la resistencia a los insecticidas; diferentes tipos de dietas y métodos de control genético.

**Palabras clave:** *Cochliomyia hominivorax*; gusano barrenador del ganado, miasis.

---

**The screw worm, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae), a problem in animal and human health**

**ABSTRACT:** The New World Screwworm (NWS) continues being a veterinarian and human problem in South America and part of the Caribbean. In order to update this matter based on the research of the last six years, the wealth of existing information was reviewed, and some results of the authors of this paper were compared and discussed with those results found in this framework. Studies on the agent have been focused on its biology, epidemiology, zoonotic role, the control and insecticide resistance. In this subject, studies have been carried out on the differences in the wings of the agent and some related bugs as a good identification marker; the development of a key for the identification of the ectoparasite first stage larvae; obtaining of evidence about the migration of insect populations from north to south in the Americas at the end of the last glacial maximum and then in the transition between the Pleistocene and the Holocene; the assessment of economic losses caused by the insect, in billions of dollars (\$ 0.34) in Brazil; the polymorphisms (intraspecific)

shown by three different primers for samples from Mexico, Costa Rica, Panama, Jamaica, and Brazil; the use of two other primers (CR92A1 and J1A2) which allowed to discriminate successfully between *Cochliomyia hominivorax* and *C. macellaria*; the association between *Rhipicephalus microplus* charge and the occurrence of screwworm myiasis by *C. hominivorax*, with a relative risk of screwworm in cattle with a high tick load of 3.85; new cases of human myiasis (in head, associated with *Pediculus humanuscapitis*, maxillary, and in other anatomical locations) in different places of the areas where the agent abounds; evidences of ivermectin and abamectin ineffectiveness in preventing bull scrotal myiasis; the presence of E3 gene mutations associated with insecticide resistance, different types of diets and methods of genetic control.

**Key words:** *Cochliomyia hominivorax*; New World screw-worm, myiasis.

## INTRODUCCIÓN

*Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858), el gusano barrenador del Nuevo Mundo, devino en una importante plaga del ganado en el sur de Estados Unidos en la década de 1960, por la voracidad de sus larvas y los serios daños que causa a los tejidos blandos y huesos de mamíferos, hasta que se notificó como erradicada luego de la lucha biológica desarrollada contra el agente causal mediante la aplicación de la Técnica del Insecto Estéril (TIE). En la actualidad, se considera erradicada también en América del Norte y parte de América Central (1).

La presencia del ectoparásito y algunos aspectos de su epidemiología, y otros insectos afines, se estudiaron en Cuba (2, 3, 4, 5), donde se han aplicado medidas para su control.

El Gusano Barrenado del Ganado (GBG) continúa siendo un problema veterinario en parte del Caribe y América del Sur y es una de las más importantes enfermedades parasitarias de los animales domésticos en estas regiones (6). La planta inaugurada en Panamá en el año 2006 (7) persigue los mismos objetivos que la de Chiapas, México, de controlar la plaga mediante la TIE en las zonas afectadas. Sin embargo, en muchos lugares se intenta controlar, aún, con la aplicación de insecticidas químicos que conllevan el peligro de que su uso indiscriminado pueda causar la selección de individuos resistentes (8). Además, existe peligro de que el cambio climático pueda ampliar su distribución geográfica (1) y continúa la preocupación por la infestación en humanos, debido al papel zoonótico del parásito (9).

El objetivo del presente trabajo es realizar una revisión y un análisis de los estudios más recientes efectuados sobre el ectoparásito y otros insectos afines.

## Biología

Con vistas a una correcta identificación de especies productoras de miasis, se aplicaron métodos de morfometría geométrica en el estudio de las diferencias de las alas de *C. hominivorax* y *C. macellaria* (10). Esta investigación demostró que el método es sencillo y fiable para la identificación de ambas especies de moscas y los autores lo proponen para usarse en el monitoreo de *C. hominivorax*. Esas especies estudiadas presentan dimorfismo sexual, pero en el GBG se magnificó ese carácter. La investigación concluyó que las variaciones del ala también son un buen marcador morfológico para el estudio de la variación de la población en *C. hominivorax*, aspecto de importancia en el plan de lucha mediante la TIE.

Szpila *et al.* (11) profundizaron en el estudio morfológico externo de las larvas del primer estadio del GBG y de otras moscas causantes de miasis traumáticas obligatorias; detallaron en el complejo de antenas, los palpos maxilares, los cantos orales, las espinas torácicas y abdominales, los espiráculos posteriores y el esqueleto cefálico. De estas investigaciones devino una clave para la identificación de larvas de esos agentes y se ampliaron así los criterios diagnósticos.

De igual manera, se realizaron estudios fundamentales como las caracterizaciones estructural y ultraestructural de los espermatozoides del GBG y de *C. macellaria* (12). Para visualizar la ultraestructura de los microtúbulos e identificar proteínas básicas se utilizaron técnicas, como son la fijación de ácido tánico y el método citoquímico de ácido fosfotúngsticoetanólico (PAAT). Los autores observaron los microtúbulos en todas las regiones espermáticas (cabeza, zona de solapamiento y cola) y concluyeron que los espermatozoides de ambas especies son similares a

los descritos para otros Brachycera y compatibles con la diversidad estructural de los espermatozoides de los dípteros, lo que deviene en una herramienta esencial para la comprensión de las complejas variaciones que se encuentran en ese orden de insectos.

Dada la importancia del control del gusano barrenador del ganado en el sur de América, se llevó a cabo un proyecto piloto en la frontera entre Brasil y Uruguay en 2009. Debido a que los estudios moleculares han sugerido la existencia de grupos regionales de *C. hominivorax*, se realizaron pruebas de cruce para evaluar la competitividad en el apareamiento, las preferencias en el mismo y la compatibilidad reproductiva entre una cepa de GBG del Caribe (Jamaica-06) y otra de Brasil. Las tasas de apareamiento entre machos fértiles de la cepa del Caribe y de las hembras brasileñas oscilaron entre 82 y 100%, respectivamente, y se observó que cada macho copulaba con 3,3 a 3,95 hembras. Los machos estériles, independientemente de la cepa, compitieron igualmente contra los machos fértiles por las hembras en Brasil. No se evidenció incompatibilidad genética en los cruces de hibridación. Los autores de la investigación recomiendan comprometer solo el uso de machos estériles de Brasil para la aplicación de las campañas del insecto estéril en el país (13).

Fresia *et al.* (14) realizaron otras investigaciones encaminadas a estudiar la historia de las poblaciones y del tiempo de divergencia de *C. hominivorax*, pues hicieron un análisis aproximado de cálculo bayesiano para investigar la filogeografía de la plaga. La investigación demostró que las poblaciones del insecto se extendieron de norte a sur en el continente americano, al menos en dos momentos diferentes: la primera división se produjo entre la población de América del Sur, Norte y Centro América, en el final del último máximo glacial hace 15300-19000 años; la segunda división ocurrió entre el norte y el sur, en la transición entre el Pleistoceno y el Holoceno, hace 9100-11000 años. Según los autores, la amplia expansión de la población y los patrones filogeográficos de la plaga no pueden ser explicados únicamente por oscilaciones climáticas y son coincidentes con los patrones generales de antiguos movimientos humanos en América; esto sugiere que el hombre pudo haber desempeñado un papel crucial en la conformación de la distribución y la estructura de la población del insecto. Este trabajo presentó la primera prueba con respecto a los procesos que dieron forma a la estructura filogeográfica actual del ectoparásito y representó un punto de vista alternativo en las investigaciones de otras plagas de insectos.

Otros estudios más avanzados se han desarrollado utilizando la reacción en cadena de la polimerasa de ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD-PCR) en el desarrollo de marcadores para la identificación de etapas de la ontogénesis del GBG y de otras especies que habitan en las heridas. De esa manera, Skoda *et al.* (15) seleccionaron 40 cebadores decaméricos, de los cuales nueve mostraron perfiles RAPD reproducibles para distinguir todas las fases del ciclo de *C. hominivorax* y de otras siete especies, incluyendo *C. macellaria*. Los resultados de RAPD-PCR, con muestras de primeros estadios de mosca recogidas en heridas en el campo, se correspondieron con la identificación morfológica efectuada y apuntaron que no pertenecían a la especie productora de miasis primaria. Tres cebadores diferentes mostraron polimorfismos (intraespecífico) para las muestras procedentes de México, Costa Rica, Panamá, Jamaica y Brasil. Estos resultados permitieron aseverar la utilidad del RAPD-PCR para la determinación del origen geográfico de las muestras en los programas de vigilancia contra la plaga.

La Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) han apoyado un Proyecto de Investigación Coordinado (PIC) sobre la aplicación de estudios genéticos para el manejo de plagas de insectos del ganado. El PIC, previsto para seis años (2008-2013), se centró en el estudio de la distribución de las poblaciones genéticamente caracterizadas de *C. hominivorax* y del género *Glossina* (mosca tsetse) (16). A partir de esos resultados, los autores proponen caracterizar las plagas de insectos, principalmente por marcadores genéticos neutros adecuados, con el objetivo de reconocer las poblaciones espacialmente aisladas.

Otros estudios mediante técnicas moleculares, dirigidos a conocer diferencias entre los miembros de los géneros *Cochliomyia* y *Chrysomya*, se realizaron por Cardoso *et al.* (17). Ante la ausencia de un gen de referencia con expresión estable en las especies comparadas, se realizaron estudios de selección y validación de genes en tres especies de Calliphoridae para la normalización de datos por Real Time PCR cuantitativo; las especies fueron: *C. hominivorax*, *C. macellaria* y *C. albiceps*. La estabilidad de la expresión de seis genes (actina, gapdh, rp49, rps17,  $\alpha$ -tubulina y gstd1) se evaluó interespecíficamente en la misma etapa de ontogénesis y entre etapas de la vida dentro de cada especie. Los niveles de expresión de actina, gapdh y rp49 fueron los más estables entre los genes seleccionados.

nados y se concluyó que pueden utilizarse como genes de referencia, fiables para los estudios funcionales en califoridos.

Por otro lado, Mastrangelo *et al.* (18) estudiaron tres marcadores de ADN mitocondrial (ADNmt) y ocho *loci* microsatélites nucleares para investigar, por primera vez, la diversidad genética y la estructura de la población en toda la región amazónica de Brasil. Los resultados evidenciaron la existencia de una gran diversidad entre nueve poblaciones regionales del GBG. Se identificaron 46 haplotipos de ADN mitocondrial, de los cuales 39 eran nuevos en la región. Se identificaron 70 alelos de microsatélites por tamaño, con valores de moderados a altos de heterocigosidad en todas las zonas estudiadas; en tanto, un análisis de agrupamiento Bayesiano permitió la identificación de cuatro grupos genéticos que no se distribuyeron geográficamente. La compatibilidad reproductiva también se investigó mediante el cruce de laboratorio, pero no se encontró ninguna evidencia de digénesis híbrida entre una colonia amazónica del noreste y el sureste de Brasil. Los resultados tienen implicaciones importantes para control del GBG mediante la aplicación de la técnica del insecto estéril en toda la región.

Recientemente, Christen *et al.* (19) realizaron estudios para la identificación rápida y fiable de los agentes presentes en casos de miasis, como una herramienta para la protección contra la reintroducción del gusano barrenador en América del Norte o cualquier otra área libre del mismo. Para ello, se realizó PCR con dos cebadores: CR92A1 y J1A2 que lograron discriminar, con éxito, entre *C. hominivorax*, *C. macellaria*, ocho especies de la familia Calliphoridae, tres dípteros de otra familia y un caso atípico de otro tipo de insecto. Este PCR constituye una herramienta importante para los laboratorios veterinarios en el programa de erradicación del gusano barrenador, toda vez que permiten la rápida identificación o verificación de muestras de larvas sospechosas de presuntos nuevos brotes.

El advenimiento de la tecnología de secuenciación de alto rendimiento proporciona el potencial para generar genomas para muchas especies de insectos, de forma asequible y rápida. Ramakodi *et al.* (20) generaron genomas mitocondriales completos o casi completos para *C. hominivorax*, *Haematobia irritans*, *Phormia regina* y *Sarcophaga crassipalpis*. Las comparaciones entre los dos primeros no revelaron grandes diferencias. Del mismo modo, las secuencias mitocondriales completas de las últimas dos moscas, de importancia forense, podrían ser utilizadas para proporcionar información útil a personal jurídico.

Las investigaciones recientes apuntan que la actual distribución geográfica del GBG solo abarca algunas islas del Caribe y los países de América del Sur, con excepción de Chile. No obstante, antes de planificar nuevos programas de control en los países del MERCOSUR, es necesaria la información relacionada con la ecología de este parásito, ya que sus requerimientos térmicos son de suma importancia (21). Los estudios realizados sobre los parámetros climáticos, propicios para la ontogénesis del agente, demostraron que la temperatura óptima fue de 35°C, la temperatura umbral de 13,1°C y la constante térmica estimada de 9.17°C.

### Epidemiología del GBG

En la zona central de Brasil se encuentran en peligro de extinción algunas especies de animales salvajes; un ejemplo es el lobo de crin (*Chrysocyon brachyurus*). Esta especie de cánido está infestada por varios endo y ectoparásitos; sin embargo, la asociación de múltiples parásitos es un suceso poco frecuente en los animales silvestres o en cautiverio. En el examen clínico realizado a un macho adulto de la especie mencionada se observó la presencia de miasis en dos áreas del cuerpo y se identificaron, por primera vez, larvas del GBG en este hospedero. Conjuntamente, se hallaron adultos de las garrapatas *Amblyomma tigrinum* y *A. ovale* (22).

Una valoración de las pérdidas económicas causadas por parásitos del ganado en Brasil en 2014 (23) puso en evidencia a los agentes más relevantes que afectan la productividad ganadera en el país y su impacto económico en miles de millones de USD. Las pérdidas alcanzadas por la infestación con el gusano barrenador se calculó en \$ 0.34. Otros cálculos arrojaron: nematodos gastrointestinales (\$7.11); garrapata del ganado (*Rhipicephalus microplus*) (\$ 3.24); mosca del cuerno (*Haematobia irritans*) (\$ 2,56); comida de ganado (*D. hominis*) (\$ 0,38) y mosca de los establos (*Stomoxys calcitrans*) (\$ 0,34).

Por otro lado, Barbosa y Vasconcelos (24) confeccionaron una lista actualizada sobre la base de datos bibliográficos y de los estudios de campo realizados, entre 2009 y 2013, relacionada con la presencia de especies de dípteros productores de miasis en el noreste de Brasil. En ese listado se relacionaron las condiciones ambientales y los hospederos afectados. La mayoría de los casos de enfermos fueron ovejas que no tenían un diagnóstico certero. En varios nichos ecológicos se registraron 19 especies conocidas como agentes productoras de miasis obligatorias o facultativas, incluyendo la región semiárida, donde a menudo

se crían cabras. Solo dos especies se identificaron como agentes causantes de miasis en los animales domésticos: *C. hominivorax* y *D. hominis*. La presencia de otras especies invasoras secundarias estuvo asociada con la expansión local de miasis primaria.

En el norte de Minas Gerais se estudió durante un año la incidencia de miasis cutánea en 10 rebaños de ovejas (híbrida Santa Inés) criadas en sistemas semiextensivos y se analizaron los factores relacionados con la aparición de la enfermedad. Se registraron un total de 50 casos, donde la mayor incidencia se produjo durante marzo (22%) y abril (18%), meses con altas temperaturas y alta humedad relativa del aire (25). En Cuba, Rodríguez Diego *et al.* (5) notificaron resultados similares en el comportamiento del GBG ante el clima.

En el estudio anteriormente mencionado en Brasil, Duarte *et al.* (25) no encontraron relación del sexo y la edad de los hospederos con las afectaciones por miasis; las lesiones se encontraron, principalmente, en las patas (34% de los casos) y como factores predisponentes se detectó: pododermatitis (38% de los casos), onfaloflebitis (10%), linfadenitis (6%) y dermatobiosis (6%). Estos reportes no se corresponden con los realizados en Cuba por Rodríguez Diego *et al.* (2), quienes encontraron otras causas predisponentes para la implantación de las larvas de *C. hominivorax*, como lesiones en la vulva, heridas causadas por alambres de púas, en el ombligo producto de la castración, entre otras. Según los autores brasileños, los casos de miasis no habían sido tratados correctamente por los propietarios de los animales afectados, pero después de implantar una terapia correcta, el 92% de las lesiones evidenciaron mejoría hasta curarse, en un periodo de siete a 30 días. Los resultados mostraron la importancia de las estrategias preventivas basadas en los factores predisponentes identificados en este estudio. La inspección constante, la identificación de las heridas y el tratamiento precoz de las mismas deben ser, principalmente, al final de la temporada de lluvias y cuando están presentes otros factores predisponentes.

Reck *et al.* (6) estudiaron la asociación entre la carga de infestación de *Rhipicephalus microplus* y la ocurrencia de miasis por *C. hominivorax* en el ganado para cuantificar el riesgo. La investigación se desarrolló durante 24 semanas y se observó una asociación significativa entre la carga alta de garrapatas (por encima de 50 garrapatas por animal) y la ocurrencia de lesiones cutáneas ( $p = 0,0102$ ). El riesgo relativo calculado (RR) de miasis en el ganado con alta carga de garrapatas fue 3,85 (IC 95% = 1,23-12,13), lo que indica que los animales altamente parasitados por el ixodido tienen

cuatro veces más riesgo de infestarse por el GBG que aquellos con una baja carga ectoparasitaria. Este resultado podría ser útil para el diseño de estrategias de control integrado para estos parásitos y para proporcionar mayor comprensión de la importancia del parasitismo por garrapata en la producción ganadera.

Fresia *et al.* (14) propusieron evaluar los efectos de la geografía y de la diversidad del medio ambiente en la estructura poblacional del GBG y sus patrones de migración. En la investigación encontraron una alta conectividad de la población entre las localidades de muestreo en el sur de la región amazónica. La región a lo largo del Océano Atlántico se identificó como el corredor migratorio más probable entre el norte y el sur en la zona estudiada. Del mismo modo, resultó baja la conectividad a través de los Andes.

Un estudio realizado con vistas a determinar el papel del tiempo en la erradicación de la plaga utilizó un modelo demográfico basado en la fisiología del agente. De esa manera, se caracterizó la persistencia de la plaga durante todo el año. Los umbrales térmicos inferior y superior detectados para el desarrollo del insecto fueron de 14,5 y 43,5°C, respectivamente, y la temperatura óptima para la supervivencia fue de 27,2°C. Se analizó la precipitación anual como una estimación aproximada de los efectos limitantes de humedad en las zonas áridas. El código abierto del *software* de información geográfica del «Sistema Hierba» se utilizó para asignar los resultados de la simulación, así como los datos de incidencia de miasis a nivel del condado de Texas por el programa de erradicación 1962-1983 SIT. 26. Gutierrez y Ponti (26) demostraron que las temperaturas y las precipitaciones de invierno constituyeron una fuerte influencia sobre la disminución de los brotes del gusano barrenador y para facilitar la erradicación en América del Norte y Libia. Un análisis prospectivo de la cuenca mediterránea sugiere que las áreas orientales son más favorables para el establecimiento del gusano barrenador (por ejemplo, la zona del río Nilo, en Egipto). Los investigadores son del criterio que el calentamiento climático pudiera aumentar la permanencia del gusano barrenador en el sureste americano durante todo el año.

### Zoonosis

Se han notificado nuevos casos de infestación en humanos por larvas de *C. hominivorax*. Quijada *et al.* (9) informaron sobre dos casos de niñas brasileñas (5 y 10 años de edad) que padecían, a la vez, pediculosis (*Pediculus humanus capitis*) y miasis cutánea en sus cabezas. Las heridas por mordedura de los piojos, el auto trauma infringido al rascar-

se, la pobreza socioeconómica y las malas condiciones higiénicas en las que vivían los pacientes, se consideraron como factores predisponentes de riesgo para la implantación del GBG.

La miasis maxilar es una enfermedad tropical rara, endémica en varias áreas alrededor del mundo y común de algunos mamíferos, donde los humanos no están excluidos. Reinoso-Quezada y Alemán-Iñiguez (27) notificaron el primer caso de ese tipo de enfermedad en Ecuador producido por el GBG y realizaron una descripción de la invasión masiva de las larvas. Se notificaron otras afectaciones en el rostro; en Cuba, Rodríguez-Diego y Córdova (28) publicaron sobre la afectación humana por larvas del agente que comprometía las cavidades nasales, oculares y auditivas de un paciente de origen campesino, que ingresó al hospital en estado grave. Se recuperaron un total de 212 larvas a través de las fosas nasales, pero gracias a la rápida atención médica especializada el cuadro se pudo controlar y revertir, después de la aplicación de ivermectina.

Un caso bastante reciente de miasis oral en un hombre de 95 años de edad que padecía las enfermedades de Alzheimer y de Parkinson, se describió por Thyssen *et al.* (29). Teniendo en cuenta el tiempo de desarrollo y la longitud de los gusanos fue posible estimar una infestación de al menos 143 horas. Sin lugar a dudas, el mal estado de salud fue uno de los factores para la infestación; sin embargo, el largo tiempo de afectación observada delató negligencia y fallos en la atención al paciente. Ribeiro *et al.* (30) reportaron otro caso de miasis en la cavidad bucal en un hombre de avanzada edad. El enfermo se sometió a dos eliminaciones mecánicas de las larvas, de modo que se logró la eliminación de 110 larvas. El paciente falleció dos días después del segundo procedimiento por complicaciones sistémicas graves. Casos como el que se describe alertan que la remoción mecánica y la identificación de los estadios del insecto deben adoptarse lo antes posible para evitar un mayor daño a los tejidos y la infección bacteriana secundaria en los casos de miasis oral; además de alertar sobre la atención especial que se debe brindar a los pacientes ancianos.

Un caso severo de miasis por *C. hominivorax* en un hombre de 59 años de edad, en una zona urbana de São Gonçalo, Río de Janeiro, se estudió por Batista-da-Silva *et al.* (31). El paciente presentaba una herida abierta en el hombro derecho, parasitada por 287 larvas. Con el objetivo de eliminarlas, se lavó la herida con cloruro de sodio y se aplicó vaselina sólida; finalmente, se cubrió con una gasa mojada en solución salina y con cinta adhesiva. Después de 90 minutos,

las larvas murieron por asfixia y se eliminaron mediante pinzas estériles. El procedimiento dejó la herida completamente limpia.

Olea *et al.* (32) estudiaron otro caso en un paciente diabético que acudió al hospital de la ciudad capital de la provincia Tucumán, Argentina, por una lesión ulcerativa en el pie derecho, infestada por larvas. La identificación de los estadios inmaduros se basó en sus caracteres morfológicos, típicos de las larvas III. Estas se eliminaron y el paciente se trató con antibióticos. El principal factor que favoreció el desarrollo de miasis se debió a la diabetes, lo que causó una pérdida de la sensibilidad del miembro que dio lugar a la consulta tardía. Por otra parte, la falta de higiene personal propició la atracción de las moscas, y la descarga de mal olor de la herida favoreció la oviposición de las hembras. Este estudio alertó sobre la necesidad de implementar un programa de prevención de la miasis en el que la población sea consciente, no solo de la importancia de una buena higiene personal y el saneamiento del hogar, sino también del grado de implicación de las moscas en la aparición y el desarrollo de esta enfermedad.

Recientemente, en Brasil se reportó el caso de un hombre mestizo sin hogar, de 50 años de edad, con una profunda herida de 10cm de diámetro en la cabeza, que se extendía hacia los parietales y región frontal y de la que expulsaba una secreción con mal olor. En la herida se identificaron *C. hominivorax*, *C. macellaria* y *C. albiceps* (33).

Otro caso en humanos se describió en un viajero de 26 años de edad en República Dominicana, quien se presentó en el hospital con otalgia y otorrea sangrienta, después de regresar de unas vacaciones donde se expuso al gusano barrenador, probablemente durante una siesta en la playa. Se reconoció el GBG por las características anatómicas de las larvas y el paciente se pudo tratar a tiempo (34).

## Control

### Insecticidas y resistencia

La aplicación de insecticidas constituye una de las formas de control de los agentes productores de miasis. Lopes *et al.* (35) evaluaron la eficacia de la ivermectina y abamectina en administración profiláctica contra la infestación de *C. hominivorax*, por diferentes vías (subcutánea, intramuscular y *pour-on*) y dosis (200 y 500mg/kg) en el saco escrotal del ganado, después de la castración. El estudio se desarrolló en 45 toros de seis fincas diferentes, en el estado de São Paulo y Minas Gerais, Brasil. Los resultados evidenciaron la ineficacia de esos productos en la prevención de la

miasis escrotal en toros, independientemente de la vía de administración y la dosis utilizada.

La adquisición de resistencia por parte de los dípteros a los insecticidas es un problema aún no resuelto. Renato *et al.* (36) estudiaron la expresión génica relacionada con la resistencia del GBG a productos químicos. La secuenciación profunda en la plataforma de tres bibliotecas (larvas, machos y hembras) generaron 454 candidatos en los que valoraron la codificación para familias de enzimas. Dieciocho genes candidatos codificaron para tres familias de enzimas de desintoxicación metabólica: monoxigenasas del citocromo P450, glutatión S-transferasas y carboxilo. Se estudiaron las colinesterasas y los niveles de expresión génica usando la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa en tiempo real (qRT-PCR). De los candidatos investigados, solo el gen E3 se expresó de manera diferente entre el control y las larvas resistentes con, al menos, 10 veces más baja regulación en esas últimas. Los autores afirman que la presencia de mutaciones del gen E3 se asocia con la resistencia a los insecticidas.

Dentro de los productos químicos más utilizados como preventivos contra el GBG está la ivermectina (IVM) que actúa sobre los cloruros en los canales glutamato (ChGLUCL $\alpha$ ) a nivel de membrana celular. Varios autores han asociado la alteración de los GluCl $\alpha$  con la resistencia a la MLS en los invertebrados, aunque los estudios sobre la resistencia en *C. hominivorax* se han estudiado desde otra óptica (37). Un estudio reciente, realizado por Lopes *et al.* (37), tuvo como objetivo caracterizar el ChGluCl $\alpha$  cDNA del GBG, para buscar alteraciones asociadas con la resistencia de las larvas del agente a la IVM. El ChGluCl $\alpha$  codificó una secuencia de 452 aminoácidos y en las larvas en experimentación mostró diferentes secuencias que podrían ser variantes de empalme. Aunque las alteraciones encontradas estaban en baja frecuencia, esto sienta las bases para que en nuevos estudios se abunde más sobre las alteraciones en el gen de las poblaciones naturales resistentes.

La resistencia a los organofosforados es otra preocupación de los ganaderos en zonas afectadas por el GBG. Bergamo *et al.* (38) asociaron las mutaciones Gly137Asp y Trp251Leu en el sitio activo de la carboxilesterasa E3 a la resistencia al dietilo y dimetil. Se secuenció un fragmento del gen E3 carboxilesterasa (Ch $\alpha$ E7), que comprendió parte al intrón III, exón EIII, intrón IIII, parte del exón EIV y tres secuencias de genes mitocondriales (CR, COI y COII) del GBG procedentes de 21 zonas en América del Sur. Se utilizaron estos

marcadores para los análisis de estructura de la población y del gen Ch $\alpha$ E7.

### Técnica del Insecto Estéril

El método de liberación de insectos estériles sigue siendo el método más confiable para el control; ello implica la introducción de grandes cantidades de insectos machos estériles en el área que habita una población salvaje. El resultado del apareamiento fértil / estéril conlleva la disminución de la descendencia en la población de insectos aptos para reproducirse (39). Estados Unidos mantiene una «barrera estéril» permanente contra la mosca en la Brecha de Darién, entre Panamá y Colombia, para controlar al gusano barrenador. Esta zona se mantiene gracias a lanzamientos regulares, desde aeronaves, de cantidades masivas de machos estériles del GBG. Alford (39) analizó, mediante un modelo de reacción-difusión de la zona de barrera de Darién, las simulaciones de las ecuaciones de modelo de rendimiento y describió cómo la velocidad de liberación de moscas estériles afecta el comportamiento en estado estacionario.

### Dietas

La dieta utilizada para la cría de larvas de *C. hominivorax* es uno de los pasos importantes en el sistema de control del agente. Chaudhury y Skoda (40) llevaron a cabo estudios para desarrollar una dieta artificial con menos olor y que permitiera una reducción de la variabilidad en las pupas de *C. macellaria*, con vistas a validarla posteriormente en la cría de larvas del GBG. Para ello compararon tres dietas: 1) una artificial preparada a partir de sangre secada por pulverización con huevo seco y sustituto de leche en polvo; 2) otra a base de sangre fresca preparada de manera similar; 3) una dieta de hígado de res. Los pesos de las larvas y pupas del díptero, criados en la primera dieta, fueron significativamente más altos que los alimentados con la dieta de hígado. El número de pupas y el porcentaje de emergencia de adultos también fueron significativamente mayores. Las moscas hembras, procedentes de las larvas criadas con las dos primeras opciones, ovipositaron más que aquellas logradas a partir de la última. Esos resultados demostraron que es posible sustituir la dieta de hígado, utilizada actualmente para la cría del ectoparásito.

La cría masiva de la mosca para los programas que integran la técnica del insecto estéril en las Américas es parte de uno de los mayores programas de cría de insectos en el mundo. Mastrangelo *et al.* (41) opinan que la mayor parte del costo y la mano de obra necesaria en sistemas de cría masivos se relacionan con la

dieta de las larvas, lo que realza la importancia del desarrollo constante de nuevas opciones, teniendo en cuenta su eficacia, costo y viabilidad. Esos autores realizaron dos bioensayos con dietas alternativas hechas con productos locales, que se llevaron a cabo con el fin de evaluar la viabilidad y la eficacia de ellas en la cría del gusano barrenador en Brasil. Las dietas líquidas consistían en: 1) bagazo de caña o fibra de coco y 2) dieta gelificada. Los parámetros biológicos evaluados fueron: peso larvario, viabilidad larvaria, peso de la pupa, la emergencia de adultos y la proporción de sexos. Estos parámetros fueron satisfactorios, de acuerdo a las normas de cría en masa, y las dietas no difirieron estadísticamente ( $p > 0,05$ ). Debido a su mayor número de ventajas, como alta viabilidad larval y menor costo, los investigadores recomiendan el uso de la dieta gelificada en ese país.

El tipo de dieta artificial utilizada actualmente para la cría del GBG, en la planta de Panamá, consta de sangre bovina secada por pulverización, huevos secos de aves de corral y un sustituto de leche en polvo (42), pero la misma está sujeta al alto costo y la incertidumbre de la oferta comercial de la sangre secada en polvo.

Por tal motivo, Chaudhury *et al.* (42) desarrollaron una investigación para buscar alternativas, localmente disponibles con ingredientes baratos, dietéticos, que reduzcan el costo de la cría y eliminen las preocupaciones de no contar con todos los componentes. Las dietas experimentales se prepararon con diversas concentraciones de sangre o células de la sangre bovina y harina de soja desgrasada. Los resultados indicaron que la sangre bovina secada por pulverización puede ser sustituida por un producto de glóbulos fácilmente disponibles y menos costosos. Cuando la cantidad de sangre, o de células de sangre entera secada, se redujo o se eliminó por completo de la dieta, las larvas no se alimentaron adecuadamente, lo que devino en una alta mortalidad. Aquellas larvas que sobrevivieron produjeron pupas que eran de mala calidad. Cuando el producto lácteo se sustituyó por harina de soja, las pupas fueron ligeramente más pequeñas que las criadas utilizando la dieta actual.

La longevidad de las moscas adultas, que emergieron de estas pequeñas pupas, fue corta y las hembras ovipositaron menos huevos. Estos resultados indicaron que la harina de soja no puede sustituir al componente de la sangre de la dieta, pero puede reemplazar el producto lácteo con éxito. Los autores consideran que es probable que algún factor, o una combinación de factores en la sangre, actúen como estimulantes de la alimentación larvaria, sin la cual

esos estadios son incapaces de alimentarse normalmente y dan como resultado una alta mortalidad de los mismos (42).

### Trampas

Se conoce que las moscas hembras de los agentes productores de miasis son atraídas por el hospedero, debido a varias señales olfativas que emanan del cuerpo de los mismos y ovipositan sobre las heridas y causan miasis. Sobre la base de ese principio, recientemente se obtuvo un atrayente sintético que atrae a las hembras grávidas del gusano barrenador y las estimula para ovipositar (43). De esa manera se pueden reducir las poblaciones que afectan a los animales en el campo. El mismo principio se evaluó en los bioensayos de laboratorio y demostraron que las hembras grávidas de *L. sericata* también son atraídas por sustratos tratados con el atrayente compuesto por disulfuro de dimetilo, trisulfuro de dimetilo, fenol, p-cresol e indol. Las pruebas con varias combinaciones de estos compuestos sugieren que los compuestos de azufre y de indol son los más importantes para provocar la atracción y estimular la oviposición de esos dípteros.

### Control genético

Los estudios realizados por Li *et al.* (44) sobre genes de transferencia (tra), o genes «operontra», en tres especies de agentes productores de miasis permitieron a los autores proponer un modelo para la regulación específica del sexo mediante el empalme de dicho gen. La transcripción masculina se detectó, por primera vez, en embriones de *L. sericata*, durante todo el tiempo de formación del blastodermo. Las pruebas con RNAi demostraron que se requiere de ese tipo de gen para el desarrollo de las hembras de *L. sericata* y *C. macellaria*. El aislamiento del gen tra logrado en *C. hominivorax* facilitará el desarrollo de cepas apropiadas para el programa de control genético de ese agente.

## REFERENCIAS

1. LaCourse SM, Martinez RM, Spach DH, Fang F. Pain and bloody ear discharge in a returning traveler. *Am J Trop Med Hyg.* 2015;92(3):599-600.
2. Rodriguez Diego JG, Blandino T, Alonso M, Mendoza E, Seoane G, Fregel N. Présence à Cuba de la lucilie bouchère du bétail (*Cochliomyia hominivorax*). *Revue Elev Méd Vet PaysTrop.* 1996;49(3):223-225.

3. Rodríguez Diego JG, Blandino T, Alonso M, Mendoza E, Seoane G, Fregel N. *Lucilia* spp. Robineau-Desvoidy, 1830, agente productor de miasis en Cuba. *Rev Salud Anim.* 1997;19(1):53-55.
4. Rodríguez Diego JG, Blandino T, Alonso M, Mendoza E, Seoane G, Fregel N. Presencia de *Cochliomyia macellaria* (Fabricius) en las miasis en Cuba. *Rev Salud Anim.* 2000;22(1):1-3.
5. Rodríguez Diego JG, Véliz María de los Ángeles, Mendoza E, Blandino T, Serrano E. Aspectos epizootiológicos del gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax* en una zona ganadera de Cuba. *Rev Salud Anim.* 2001;23 (2):1141.
6. Reck J, Marks FS, Rodrigues RO, Souza UA, Webster A, Leite RC, et al . Does *Rhipicephalus microplus* tick infestation increase the risk for myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* in cattle. *Prevent Vet Med.* 2015;113(1):59-62.
7. Fresia P, Silver M, Mastrangelo T, De Azeredo-Espin AM, Lyra ML. Applying spatial analysis of genetic and environmental data to predict connection corridors to the New World screwworm populations in South America. *Acta Trop.* 2014;138 Suppl:S34-41. doi: 10.1016/j.actatropica.2014.04.003.:34-41.
8. Gutierrez AP, Ponti L. The new world screwworm: Prospective distribution and role of weather in eradication. *Agric Forest Entomol.* 2014;16 (2):158-173.
9. Quijada P, Bethencourt JJ, Ríos A, Aguirre LI, Sulbarán L, García F. Cutaneous myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae) in children with pediculosis: Report of two cases. *Entomotropica.* 2012;27 (2):93-99.
10. Lyra ML, Hatadani LM, de Azeredo-Espin AM, Klaczko LB. Wing morphometry as a tool for correct identification of primary and secondary New World screwworm fly. *Bull Entomol Res.* 2010;100(1):19-26.
11. Szpila K, Hall MJ, Wardhana AH, Pape T. Morphology of the first instar larva of obligatory traumatic myiasis agents (Diptera: Calliphoridae, Sarcophagidae). *Parasitol Res.* 2014;113 (5):1629-1640.
12. Name KP, Barros-Cordeiro KB, Filho G, Wolff M, Pujol-Luz JR, Bão SN. Morphological and cytochemical aspects of spermatozoa in the genus *Cochliomyia* (Diptera: Calliphoridae). *J Electron Microscopy.* 2012;61(6):415-422.
13. Mastrangelo T, Chaudhury MF, Skoda SR, Welch JB, Sagel A, Walder JM. Feasibility of using a caribbean screwworm for SIT campaigns in Brazil. *J Med Entomol.* 2012;49(6):1495-1501.
14. Fresia P, Azeredo-Espin AML, Lyra ML. The Phylogeographic History of the New World Screwworm Fly, Inferred by Approximate Bayesian Computation Analysis. *PLoS ONE* 2013; 8 (10) art 76168.
15. Skoda SR, Figarola JL, Pornkulwat S, Foster JE. Inter- and intraspecific identification of the screwworm, *Cochliomyia hominivorax*, using random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction. *J Insect Sci.* 2013;13:76. Available online: <http://www.insectscience.org/13.76>. doi: 10.1673/031.013.7601.
16. Feldmann U, Ready PD. Applying GIS and population genetics for managing livestock insect pests: Case studies of tsetse and screwworm flies. *Acta Tropica.* 2014;138 (oct): 1-5.
17. Cardoso GA, Matioli CC, De Azeredo-Espin AML, Torres TT. Selection and validation of reference genes for functional studies in the calliphoridae family. *J Insect Sci.* 2014;14: <http://www.insectscience.org/14.2>.
18. Mastrangelo T, Fresia P, Lyra ML, Rodrigues RA, Azeredo-Espin AM. Genetic diversity and population structure of the New World screwworm fly from the Amazon region of Brazil. *Acta Trop.* 2014;138:26-33.
19. Christen JA, Skoda SR, Moss TM, Lee DJ, Foster JE. Sequence-characterized amplified regions that differentiate New World screwworms from other potential wound-inhabiting flies. *J Vet Diag Inv.* 2015;27(1):25-30.
20. Ramakodi MP, Singh B, Wells JD, Guerrero F, Ray DA. A 454 sequencing approach to dipteran mitochondrial genome research. *Genomics.* 2015;105 (1):53-60.

21. Mastrangelo T, Bezerra F, Fernandes T. Assessment of the threshold temperature for the embryonic development of the screwworm fly. *Ciencia Rural*. 2015;44(2):346-351.
22. Cansi ER, Bonorino R, Mustafa VS, Guedes KMR. Multiple parasitism in wild maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*, Mammalia:Canidae) in Central Brazil. *Comp Clin Pathol*. 2012; 21(4):489-493.
23. Grisi L, Leite RC, Martins JRS, de Barros ATM, Andreotti R, Caçado PHD, de León AAP, Pereira JB, Villela H. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet*. 2014; 23 (29):150-156.
24. Barbosa TM, Vasconcelos SD. An updated checklist of myiasis-inducing diptera species in livestock in northeastern Brazil. *Arch Zootecnia*. 2014;64 (246):187-190.
25. Duarte ER, da Rocha FT, Teixeira LM, Silva RB, Nogueira FA, Silva NO, *et al.* Occurrence and treatment of cutaneous myiasis in sheep reared in semi-arid conditions in northern Minas Gerais. *Pesquisa Vet Brasileira*. 2014;32 (6):490-494.
26. Gutierrez AP, Ponti L. The new world screwworm: Prospective distribution and role of weather in eradication. *Agric Forest Entomol*. 2014;16 (2):158-173.
27. Reinoso-Quezada S, Alemán-Iñiguez JM. Rara miasis maxilar por *Cochliomyia hominivorax*. Reporte de caso, actualidad y entomología. *Rev Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*. 2013; 38(2): 111-116.
28. Rodríguez Diego JG, Córdova G. 2007. First notification of cattle screw worm (*Cochliomyia hominivorax*) in a human case, in Cuba. *Rev Salud Anim*. 2007;29(3):193.
29. Thyssen PJ, Nassu MP, Costella AMU, Costella ML. Record of oral myiasis by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae): Case evidencing negligence in the treatment of incapable. *Parasitol Res*. 2012;111(2):957-959.
30. Ribeiro MC, De Oliveira Pepato A, De Matos FP, Sverzut CE, Abrahão AAC, Trivellato AE. Oral myiasis in an elderly patient. *Gerodontology*. 2012; 29(2):1136-1139.
31. Batista-da-Silva JA, Borja GM, Queiroz MMC. A Severe Case of Cutaneous Myiasis in São Gonçalo, Brazil, and a Simple Technique to Extract New World Screw-Worm *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae). *Neotropical Entomol*. 2012; 41 (4):341-342.
32. Olea M S, Centeno N, Aybar CAV, Ortega ES, Galante GB, Olea L, Juri MJD. First report of myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) in a diabetic foot ulcer patient in Argentina. *Korean J Parasitol*. 2014;52(1):89-92.
33. de Almeida Valviessa VRG, Ferraz ACP, Proença B, Werneck GRN, Aguiar VM, Lessa CSS. Myiasis caused by an association of *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858), *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) and *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819), (Diptera: Calliphoridae) in a human patient with exposed skull pan, attended at a public hospital in Rio de Janeiro. *Entomotropica*. 2014;29 (3):191-196.
34. LaCourse SM, Martinez RM, Spach DH, Fang F. Pain and bloody ear discharge in a returning traveler. *Am J Trop Med Hyg*. 2015;92(3):599-600.
35. Lopes WZ, Teixeira WFP, Felippelli G, Cruz BC, Maciel WG, de Matos LV S, *et al.* Ivermectin and abamectin administered at different doses and routes against *Cochliomyia hominivorax* in the scrotum of newly castrated cattle from southeast region of Brazil. *Ciencia Rural*. 2013;43(12):2195-2201.
36. Renato A, Carvalho AM, Azeredo-Espin L, Torres T. Deep sequencing of New World screw-worm transcripts to discover genes involved in insecticide resistance. *BMC Genomics*. 2010;11:695-701
37. Lopes AMM, de Carvalho RA, de Azeredo-Espin AML. Glutamate-gated chloride channel subunit cDNA sequencing of *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae): cDNA variants and polymorphisms. *Invertebrate Neuroscience*. 2014;14(2):137-146.
38. Bergamo LW, Fresia P, Azeredo-Espin AML. Incongruent nuclear and mitochondrial genetic

- structure of New World screwworm fly populations due to positive selection of mutations associated with dimethyl- and diethyl-organophosphates resistance. PLoS ONE. 2015; 10 (6) (in press)
39. Alford JG. A reaction-diffusion model of the Darien Gap Sterile Insect Release Method. *Comm Nonlinear Sci Num Simul.* 2015;22(1-3):175-185.
40. Chaudhury MF, Skoda SR. An artificial diet for rearing *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae). *J Econ Entomol.* 2013;106(4):1927-1931.
41. Mastrangelo T, Bezerra F, Fernandes T. Alternative larval diets for mass rearing of screwworm, *Cochliomyia hominivorax*. *Ciencia Rural.* 2014;44(84):672-677.
42. Chaudhury MF, Chen H, Sagel A, Skoda SR. Effects of New Dietary Ingredients Used in Artificial Diet for Screwworm Larvae (Diptera: Calliphoridae). *J Econ Entomol.* 2015;108 (3):1429-1434.
43. Chaudhury MF, Zhu JJ, Skoda S. Response of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) to Screwworm Oviposition Attractant. *J Med Entomol.* 2015;52(4):527-531.
44. Li F, Vensko IISP, Belikoff EJ. Conservation and Sex-Specific Splicing of the transformer Gene in the Calliphorids *Cochliomyia hominivorax*, *Cochliomyia macellaria* and *Lucilia sericata*. PLoS ONE. 2013;8(2), Article number e56303.

Recibido: 2-12-2015.  
Aceptado: 29-1-2016.