

PROBLEMÁTICA DEL GUSANO BARRENADOR DEL GANADO, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) EN COLOMBIA

THE PROBLEM OF SCREWWORM, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858), IN COLOMBIA

Elkin Forero B,^{1*} M.Sc, Jesús Cortés V,² Ph.D(C), Luis Villamil J,³ Ph.D.

¹Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Maestría en Salud Animal. Bogotá, Colombia; ²Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Departamento de Ciencias para la Salud Animal. Laboratorio de Parasitología. (C)=Candidato a Ph.D. Bogotá, Colombia; ³Universidad de La Salle. Facultad de Medicina Veterinaria. Maestría en Ciencias Veterinarias. Bogotá, Colombia. *Correspondencia: egforerob@bt.unal.edu.co.

Recibido: Mayo 23 de 2008; Aceptado: Julio 30 de 2008

RESUMEN

Cochliomyia hominivorax es una mosca que en su etapa de larva es parásito obligado de animales de sangre caliente, incluyendo a humanos, causando una condición clínica conocida como 'miasis traumática'. Dado que la hembra se aparea una sola vez y el macho lo puede hacer varias veces más, en los años 1950 se estableció la erradicación de esta plaga, a partir de esterilización de los machos. El programa de erradicación de *C. hominivorax* ha sido exitoso en Norte y Centroamérica. Sin embargo, América del Sur aún se encuentra naturalmente infestada. El costo económico, el largo plazo que exige y las consecuencias indeseables del programa de erradicación, propenden por la búsqueda de alternativas de control efectivas. El inicio de la erradicación en Colombia, podría encontrar dificultades geográficas, políticas y, principalmente, económicas. Es fundamental en este proceso la cooperación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, de las organizaciones de cooperación internacional, de las autoridades sanitarias, de las instituciones educativas, y de los productores de ganado. Las áreas de investigación prioritarias en *C. hominivorax* en Colombia deberán ser la biología, la epidemiología y la dinámica de poblaciones, a la par con el mejoramiento de los métodos de vigilancia y técnicas de monitoreo. Antes de emprender un programa de erradicación en Colombia, se recomienda la realización de estudios previos para establecer la viabilidad técnica, política, económica y ambiental. Con esta información, una comisión conformada por entes públicos y privados, determinará los verdaderos beneficios y costos de la erradicación.

Palabras clave: *Cochliomyia hominivorax*, miasis, vigilancia epidemiológica, América del Sur.

ABSTRACT

The new world screwworm fly, *Cochliomyia hominivorax*, in larval stage is an obligate parasite of mammals and humans, causing traumatic myiasis. The female fly mates once in its lifespan, whereas the male mates several times. Accordingly eradication efforts were established in the 1950's, using male sterilization. Screwworm eradication has been successful in North and Central America, including some Caribbean islands. However, South America is still infested. Economic costs, the length of the program, and undesirable side effects of the screwworm eradication program led to a search for alternatives control measures. The initiation of screwworm eradication in Colombia could encounter geographical, political, and mainly economical problems. This program in Colombia would require the economic support and collaboration of the USDA, organizations of international cooperation, health authorities, academic institutions, and livestock producers. Priorities for screwworm research in Colombia should be biology, epidemiology and population dynamics, together with improvement of survey methods and control technologies. The achievement of studies for establishing technical, political, economical, and environmental viability of screwworm eradication is recommended. After these data are accumulated, a commission must be assembled with public and private organizations in order to determine the real cost and benefits of eradication.

Key words: *Cochliomyia hominivorax*, myiasis, epidemiologic surveillance, South America.

INTRODUCCIÓN

Cochliomyia hominivorax (Coquerel, 1858), es una mosca (Diptera: Calliphoridae) cuya fase larvaria causa una parasitosis grave en animales domésticos y silvestres de sangre caliente, así como también en humanos. Esta enfermedad parasitaria es grave porque las larvas de la mosca se desarrollan en tejidos de animales vivos, causando en ocasiones la muerte del hospedero.

Es poco lo que se conoce de esta enfermedad en Colombia. La mayor parte de la literatura disponible es extranjera. No se conocen hasta el momento estudios publicados sobre su distribución geográfica en los diferentes pisos térmicos y zonas agroecológicas, la frecuencia anual de casos positivos en animales domésticos y seres humanos, ni las pérdidas económicas causadas en Colombia.

Por lo anterior, se justifica presentar información pertinente, sobre aspectos relevantes de *C. hominivorax* con un enfoque particular sobre la problemática de este ectoparásito en la producción animal y la salud pública en Colombia, a fin de sugerir áreas de investigación que permitan planear estrategias de control epidemiológico y discutir las posibles propuestas de erradicación.

El "Gusano Barrenador del Ganado" (GBG). Es el nombre común dado a cualquiera de los tres instares larvarios de la mosca *C. hominivorax* que en su etapa de larva es un parásito obligado de animales de sangre caliente, incluido el hombre causando una condición clínica conocida como 'miasis traumática' (1 - 3). En este punto es necesario definir que una miasis (griego *myia* = mosca; *-iasis* = sufijo para los nombres de enfermedades) es la infestación de tejidos vivos o muertos de animales vertebrados vivos con larvas de diversas especies de insectos del orden Diptera, las cuales se alimentan de los tejidos saludables o necróticos, fluidos o de la comida ingerida (3,4). En consecuencia, las miasis pueden ser clasificadas de acuerdo con el sitio de infestación como tejidos cutáneos (por larvas de las subfamilias *Cuterebrinae* e *Hipodermatinae* y algunas especies de las familias *Calliphoridae* y *Sarcophagidae*) y cavidades corporales (por larvas de la subfamilia *Gasterophilinae* en el tracto digestivo) (5, 6), o pueden ser clasificadas de acuerdo al énfasis en su relación con el hospedero: miasis obligatorias, miasis facultativas y miasis accidentales. Queda entonces claro que el GBG causa una miasis obligatoria que se

clasifica como traumática porque se desarrolla en heridas abiertas o en orificios naturales.

El nombre común de 'Gusano Barrenador' se deriva de las observaciones de sus hábitos larvarios de penetrar profundamente las heridas como si estuviera horadando o barrenando (7), formando túneles o bolsillos dentro de los tejidos afectados. En idioma español, también se mencionan como nombres comunes gusano tornillo, gusanera, queresas (esta última palabra con frecuencia está más asociada con las masas de huevos que esta mosca deja en los bordes de las heridas). En idioma inglés, el nombre común de este ectoparásito es *screwworm*, y en idioma portugués es *bicheira*. El nombre científico fue dado por el médico francés Charles Coquerel en 1858 en la Isla del Diablo de la Guyana Francesa. Inicialmente, Coquerel la reportó como *Lucilia hominivorax* (que literalmente significa, la mosca de la carne que devora a los hombres) (8), pero durante el transcurso del tiempo ha recibido diferentes nombres científicos como *Calliphora infestans*, *Calliphora antropophaga*, *Callitroga americana*, *Cochliomyia americana* y su nombre oficial actual *Cochliomyia hominivorax* (3).

Las moscas del GBG son autógenas (no requieren una primera alimentación de una fuente rica en proteína para madurar los huevos). La hembra se aparea una sola vez, mientras que el macho lo hace hasta seis veces. Una vez que la hembra ha sido fecundada, se considera grávida y debe buscar una herida de un animal vertebrado de sangre caliente para colocar sus huevos en el borde de la misma, aunque también son adecuados los orificios naturales favorablemente expuestos. Debido a que las heridas son un ambiente inestable y escaso en condiciones naturales, la capacidad de vuelo de la mosca puede alcanzar hasta 290 km en dos semanas (9). Se ha mencionado que la hembra es capaz de retener los huevos hasta por una semana (10), y oviposita un promedio de 200 huevos dispuestos en masas, y sigue ovipositando cada tres días hasta el término de su vida adulta, que en promedio es de 30 días, en tanto que la longevidad del macho es de 14

días (11). Las heridas pueden ser reinfestadas de manera sucesiva por otras moscas de la misma especie y de otras especies, lo que puede conducir a la muerte del animal (3). El calor proporcionado por el animal permite que los huevos puedan madurar en aproximadamente 12 horas (12). A continuación eclosionan todas las larvas a la vez, individualmente por cada huevo, y se desplazan al interior de la herida, hacia su parte más profunda. Una vez allí, con sus ganchos bucales se fijan al tejido y lo rasgan para alimentarse de líquido hístico. Para poder crecer, la larva debe mudar dos veces y, por tanto, hay tres instares larvarios.

La maduración larvaria dentro de la herida suele tardar entre 5 y 7 días en los bovinos (2), al término de los cuales la larva de tercer instar sale y cae al suelo, se desplaza muy poco, buscando un terreno lo suficientemente suave para enterrarse, alrededor de 5 cm desde la superficie. Seguidamente, la cubierta exterior de la larva se transforma en el pupario, evento único dentro de las moscas superiores, también llamadas dípteros ciclorrafos (13), dentro del cual la pupa disolverá los tejidos de la larva para convertirlos en el adulto. Este proceso se completa en 8 a 10 días (2). Se ha observado que el desarrollo de las pupas procede más rápido a intervalos que a temperaturas constantes cuando los promedios son menores de 25-30°C (14). El desarrollo del adulto se completa en una semana. Pasado este tiempo, rompe uno de los extremos de la pupa y debe excavar hasta la superficie. Luego, debe esperar para que el cuerpo se endurezca y las alas se desplieguen.

Las moscas hembra alcanzan su madurez sexual después de 2 a 4 días de haber emergido de la pupa, mientras que el macho lo hace un poco antes. Bajo condiciones óptimas (26 a 30°C), la duración del ciclo de vida del GBG puede ser tan corta como 3 semanas (15). En resumen, la mosca debe pasar por cuatro fases –huevo, larva, pupa y adulto- para cumplir su ciclo de vida (8). En climas tropicales y sub-tropicales, las generaciones de la mosca se superponen constantemente, así que los casos deberían aparecer cuando quiera que el GBG esté

presente y la temperatura es suficiente para permitir el vuelo y la oviposición, alrededor de 16°C (16). No presenta diapausa o dormancia intrínseca a largo plazo (17), en otras palabras, el estado de algunos insectos en el cual el metabolismo se detiene hasta que las condiciones ambientales son favorables. El GBG no puede desarrollar huevos a temperaturas de 10°C o menos (18), y son raros por encima de los 2.000 m.s.n.m., en las regiones tropicales y subtropicales de América (11).

La identificación de *C. hominivorax*, llamado el Gusano Barrenador Primario, no debe confundirse con *C. macellaria* (Fabricius, 1794), llamado el Gusano Barrenador Secundario. Tal confusión suele ocurrir porque el GBG secundario es una mosca, cuyas larvas son necrobióticas, es decir, se alimentan de la carroña, pero ocasionalmente pueden invadir los tejidos necrosados de heridas preexistentes, y es morfológicamente similar a *C. hominivorax* (19). Otras especies de larvas morfológicamente similares al GBG, con frecuencia invasores secundarios o facultativos de las heridas, son *Phormia regina* (Meigen), *Lucilia (=Phaenicia) sericata* (Meigen), *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy) y *Chrysomya rufifacies* (Maquart) y esto ha resultado en numerosas identificaciones erróneas en el pasado (20). *C. hominivorax* es un parásito nativo del continente americano y por tal razón también es llamado en la literatura el Gusano

Barrenador del Nuevo Mundo, para diferenciarlo de *Chrysomya bezziana* (Villeneuve) (Diptera: Calliphoridae) cuyo ciclo de vida y actividad parasitaria son similares a *C. hominivorax*, aunque se encuentra en el África subsahariana, el medio oriente y el sudeste asiático, y por lo mismo ha sido llamado el GBG del Viejo Mundo (21).

Tomando en cuenta que la hembra se aparee una sola vez y el macho lo hace varias veces, a mediados de los años 30, el entomólogo Edward Knipling del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) propuso que una forma efectiva de control y aún de erradicación de esta plaga resultaría de la esterilización de los machos (22). Sin embargo, solamente hasta inicios de la década de 1950 tal propuesta pudo hacerse realidad, y se concibió la Técnica de Insecto Estéril (TIE) (23). Las condiciones para la aplicación efectiva de la TIE se resumen en la tabla 1.

Por otra parte, para Popham y Hall (25) el término "erradicar" significa destruir, remover totalmente, destrucción completa, o remoción en general, y de esta manera, "exterminar" se convierte en un sinónimo. Myers et al (26) reseñan que erradicación es la eliminación de cada uno de los individuos de una especie de un área geográfica que está lo suficientemente aislada para prevenir una nueva invasión. Con el deseo de deshacerse para siempre de esta

Tabla 1. Factores a considerar en la factibilidad del control de insectos por la técnica de insecto estéril.

	Condiciones	Observaciones
1	Método económico para la cría de millones de insectos.	La cría de millones de individuos puede ser muy costosa para muchas especies de insectos.
2	Dispersión adecuada de los machos estériles liberados.	El insecto debe ser fácilmente dispersado, de manera que los machos estériles sean tan accesibles a las hembras silvestres en la naturaleza como lo son los machos fértiles.
3	La esterilización no debe producir efectos adversos en los machos.	Tales efectos adversos se miden sobre el comportamiento de apareo o la longevidad de los insectos.
4	La hembra debe aparearse una sola vez.	Si las hembras se aparean más de una vez, entonces el esperma de los machos estériles debe competir con el de los machos fértiles
5	La densidad de la población del insecto debe ser inherentemente baja.	Si no es así, la población de la especie objetivo, bajo condiciones naturales o inducidas, debe alcanzar un nivel tan bajo que permita la efectividad de la TIE.

plaga, USDA inicia el exitoso programa de erradicación de la isla de Curaçao, eliminando al GBG en solo 3 meses. Esto lleva a la erradicación del GBG del sureste y luego del suroeste de los Estados Unidos de América (EUA), seguida de México, los países de América Central, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EUA y Gran Bretaña (15). Sin embargo, la cría, esterilización y dispersión de millones de moscas estériles hacen que el programa de erradicación sea sumamente costoso y así no puede ser iniciado individualmente por los países en vías de desarrollo de América del Sur y algunas islas del Caribe.

Enfoque del manejo integrado de parásitos. Geier (27) asegura que muchos insectos compiten con la especie humana por alimentos y recursos orgánicos, mientras que otros diseminan enfermedades o causan molestias. Igualmente, reseña que existe un conflicto entre humanos e insectos que se intensifica a medida que crecen las necesidades del hombre, y así los primeros se convierten en víctimas indefensas de las plagas, pero por otro lado también en violentos agresores contra la vida de los insectos. De acuerdo con lo anterior, Foster y Harris (28) especifican que un insecto es considerado una plaga si éste amenaza un recurso valioso para los humanos, incluyendo la salud humana. Sin embargo, tal amenaza solo es posible si la plaga se acerca demasiado a un límite o umbral de daño, desde el punto de vista económico o, para el caso de los animales, de la manifestación clínica que puede sobrepasarlo en algún momento. Entonces, se puede afirmar que cualquier insecto, animal o planta solo se convierte en plaga cuando excede dicho umbral, es decir, está fuera de control.

De acuerdo con Grønvold et al (29) el umbral de daño económico define el límite superior a partir del cual las pérdidas en la producción se deben, de manera obvia, a una alta densidad de la población plaga (parásito). Por lo tanto, el control de una plaga deberá estar orientado hacia la reducción en la densidad de su población a niveles tolerables (27) que son definidos

desde la perspectiva de la producción animal o vegetal, o desde la salud humana y el bienestar animal. Así las cosas, se hace necesario entender y desarrollar el manejo o gestión de todos aquellos procedimientos que, integrados sobre fundamentos ecológicos sólidos, no apuntan a la completa destrucción de la plaga, sino a su reducción a un nivel promedio bajo de abundancia, así que sus fluctuaciones rara vez o nunca alcanzan su umbral económico (30).

El problema con el GBG es que no es posible establecer un umbral mínimo de daño económico o de manifestación clínica, entendido como el número mínimo de larvas tolerables en la herida de un animal o ser humano, antes de iniciar con un tratamiento individual junto con medidas de control a gran escala. En otras palabras, una sola larva en la herida de un animal o ser humano puede ser suficiente para: incapacitar temporal o permanentemente la zona afectada; evitar que la herida sane mientras la larva se encuentre en su interior; hacer la herida atractiva para otras moscas, tanto del GBG como de especies facultativas; favorecer la contaminación bacteriana de la herida, que pueden conducir a toxemia y muerte del animal o del ser humano; provocar dolor, malestar y, eventualmente, un olor desagradable en animales y seres humanos; causar pérdida de peso y disminución de la producción de leche y lana en los animales de granja; dañar el cuero de los animales de producción; y por último, modificar el comportamiento del animal afectado aislándolo del resto del rebaño.

Entonces, en el caso del GBG el umbral económico o de manifestación clínica es cero, es decir, no es posible tolerar ni el menor número de larvas ni el daño más pequeño en animales de producción o de compañía o en seres humanos. Una herida infestada con una sola larva exige un tratamiento individual inmediato, y en el caso específico de los animales, se deben tomar medidas preventivas para el resto del rebaño. De esta manera, se puede entender la fuerte preferencia por los procedimientos de erradicación más que de manejo, en los casos en los que el

umbral económico es, con frecuencia, casi cero o cero (30).

Por otra parte, Petney (31) señala que no fue sino hasta inicios de la década de 1960, particularmente con la publicación del libro "*Silent Spring*" de Rachel Carson en 1962, que las consecuencias del control químico de artrópodos fueron cuestionadas en detalle. Desde entonces, se han venido intensificando las investigaciones en los métodos de control no químico, tanto por demanda de los consumidores como por disminución de los costos de producción y regulaciones ambientales, que buscan hacer realidad producciones agrícolas y pecuarias 'limpias', es decir, libres de plaguicidas, y por extensión de otros químicos y medicamentos, o al menos con el uso racional de tales sustancias, disminuyendo su frecuencia solamente al momento en el que la plaga traspasa el umbral económico o la manifestación clínica.

En este sentido, la TIE es una medida de control no químico, y al menos en principio, con menores riesgos para la salud humana y animal y daños más bajos para el ambiente, en comparación con los productos químicos tradicionales. La TIE es la esencia del programa de erradicación del GBG y actualmente se mantiene como la principal herramienta para la eliminación definitiva de este parásito de amplias zonas geográficas. Si bien la TIE es una medida de control no químico, el programa de erradicación del GBG puede ser muy costoso y generar consecuencias indeseables.

Consecuencias del programa de erradicación del GBG. Geier (27) define la tecnología como el estudio de aparatos o herramientas para imponer la voluntad del hombre sobre la naturaleza, y afirma que el control de plagas es producto de la tecnología y de la biología. Así, si se concibe el control de plagas como un mero ejercicio de la tecnología, su objetivo sería desafiar, más que dominar a la naturaleza, sin pensar en las consecuencias, y frecuentemente crea más problemas de los que resuelve.

Para el caso del programa de erradicación del GBG, la FAO (3) señala que en los países

donde se ha eliminado este parásito se ha producido un aumento en los grandes mamíferos salvajes, lo que representa una ventaja para aquellas especies en vías de extinción, pero también podría tener connotaciones negativas. Por ejemplo, Moya-Borja (2) menciona que la erradicación de *C. hominivorax* de Texas y Florida permitió el incremento de las poblaciones del venado de cola blanca, *Odocoileus virginianus*, ocasionando picos poblacionales de *Boophilus microplus* en áreas donde esta garrapata ya había sido controlada, principalmente en zonas ganaderas, y también un aumento poblacional de otros herbívoros habría favorecido la erosión de los suelos debido al pastoreo excesivo. Asimismo, Reichard (32) examina el incremento en la población de venados y de cerdos salvajes en las áreas erradicadas de GBG en el suroeste de EUA, aunque reconoce que un manejo mejorado de las poblaciones de venados puede explicar parte de tal aumento. Adicionalmente, la interrupción de los programas de control realizados contra una plaga que ha sido eliminada por la erradicación, podría permitir el aumento de plagas secundarias previamente controladas por dichos programas. Sin embargo, tal interrupción tendría dos caras en la medida que el menor uso de insecticidas favorecería un control biológico más exitoso de otras especies de insectos (26).

Por otra parte, la dispersión aérea de moscas sobre comunidades rurales podría conducir a serias implicaciones en salud pública. Wirtz (33) cita una investigación realizada al final de los años 60, donde se encontró que un 70% de las personas involucradas en la dispersión aérea de moscas irradiadas experimentó problemas alérgicos tales como síntomas de irritación ocular, congestión nasal, tos, resoplidos y respiración acortada. Los pilotos de los aviones usados para la liberación de las moscas aparecieron con síntomas de ataques asmáticos entre 2 y 6 meses después de entrar al programa.

El programa de erradicación en sí mismo puede conllevar a situaciones indeseables en el largo plazo. Tannahill et al (34) exponen que la reintroducción del GBG dentro de áreas previamente erradicadas presenta

problemas únicos como el olvido gradual de las medidas preventivas de esta parasitosis en el manejo de los animales y reacciones cercanas al pánico ante la noticia de la reinfestación. Bushland (35) afirma que el brote del GBG en el suroeste de EUA en 1972 puede explicarse parcialmente en la medida que los ganaderos no pudieron regresar inmediatamente a sus prácticas de antaño, posiblemente por la falta de operarios capacitados, caballos de vaquería entrenados, corrales para el rociado de los animales, y pasturas de sostenimiento especiales, lo que convirtió a aquellos hatos en una nueva clase de ganadería 'abandonada'. Además, la mayor parte de los casos ocurrió en áreas donde un brote no controlado de garrapatas de la Costa del Golfo, *Amblyomma maculatum*, hizo a miles de bovinos inusualmente susceptibles a la infestación por el GBG. De esta manera, los casos de miasis pueden tener una incidencia más alta que en el pasado, aún en diferentes especies animales y presentar una distribución diferente.

Adicionalmente, la cría artificial de las moscas puede tener efectos secundarios perjudiciales para la esencia misma de la TIE, el apareamiento. Las moscas criadas en laboratorio disminuyen su actividad de vuelo a favor de la alimentación y la producción de huevos, lo que a su vez reduce la actividad de las enzimas involucradas en el metabolismo de vuelo, y por lo tanto se disminuye dicha actividad (36). Por consiguiente, las condiciones de cría artificial de *C. hominivorax* han sido modificadas al respecto. Si bien hasta el momento no se ha registrado ningún caso de resistencia a la TIE por parte de *C. hominivorax*, Boake et al (37) mencionan que la discriminación contra machos estériles criados en cautiverio se ha desarrollado en dos casos registrados: la mosca del melón en Okinawa (Japón) y una población de la mosca de la fruta del mediterráneo en la isla de Kauai, Hawai. En consecuencia, recomiendan que el tiempo de cría artificial sea tan corto como cinco generaciones, que en lo posible las condiciones de laboratorio sean similares a las de campo y que se realice un reemplazo frecuente de las cepas en cautiverio.

Desafíos del programa de erradicación del GBG en Colombia y América del Sur.

La aplicación exitosa del método de liberación de insectos estériles es difícil y costosa, aun en poblaciones de la plaga relativamente pequeñas en zonas geográficamente aisladas como las islas. Siendo así, para poblaciones más grandes y vigorosas, particularmente aquellas que tienen extensas distribuciones continentales -como es el caso del GBG para América del Sur-, las dificultades pueden ser insuperables o los costos exorbitantes. Dadas las anteriores condiciones, el enfoque de manejo de plagas podría ofrecer una mejor esperanza, siempre y cuando esté fundamentado en un conocimiento amplio y comprensivo de la ecología de la especie involucrada, pues la decisión de erradicar es una 'responsabilidad grave' que solo deberá ser tomada a la luz de un amplio entendimiento del ecosistema que será empobrecido al eliminar una población de organismos considerados como plaga (30). De otro lado, una vez que el GBG fue erradicado de los Estados Unidos de América (EUA) en 1966 (26), aunque definitivamente en 1982 (38), la necesidad de expandir el programa internacionalmente para proteger a EUA fue aún más evidente (39). De allí que el programa de erradicación se extendiera más allá de las fronteras de EUA y se alejara tanto como fuera posible de las mismas, pero a la vez buscando establecer barreras de contención, a través de la dispersión de moscas estériles, en zonas geográficas naturalmente aptas para este fin.

Es así como la segunda barrera de contención del GBG (la primera fue la frontera México-EUA) fue establecida en el Istmo de Tehuantepec en territorio mexicano y la tercera barrera de contención en la región del Darién en la frontera colombo-panameña. El Istmo de Tehuantepec tiene 190 km de ancho y requirió la liberación de 150 millones de moscas por semana, a un costo estimado de US\$50 millones por año. La tercera barrera, el Tapón del Darién, es más segura que el Istmo de Tehuantepec, en la medida que no existen caminos hacia Colombia que permitan el movimiento de ganado, puede ser mantenida en cuarentena, tiene 48 km de ancho y requiere 40 millones de moscas estériles por semana a un costo estimado

de US\$5 millones por año (40, 41). Más allá del tapón del Darién dentro del continente suramericano, no es fácil vislumbrar una cuarta barrera de contención, al menos de las características de las dos anteriores. Un programa futuro de control del GBG en América del Sur tendría como prioridades estratégicas la disponibilidad de construcciones de cría del GBG adicionales y estudios de campo detallados de la ecología y epidemiología del GBG antes de intentar llevar a cabo el programa de erradicación, el cual tiene 3 propuestas para su inicio: desde el sur hacia el norte; desde el norte hacia el sur; y al occidente de la Cordillera de los Andes (40).

Los desafíos del programa de erradicación del GBG en América del Sur son inmensos. La FAO (42) ha señalado que este subcontinente debe considerarse como una sola región para propósitos de la erradicación, en la medida que no existen barreras naturales entre los países sudamericanos (excepto Chile, que se encuentra naturalmente libre del GBG). Asimismo, es imprescindible la cooperación y coordinación internacional y multilateral, tanto de entidades privadas como gubernamentales, de los países implicados en el programa de erradicación. Igualmente, es indispensable el compromiso y el convencimiento, de los gobiernos y los productores pecuarios de cada país, de que la eliminación de la enfermedad es posible y está justificada técnica, científica y económicamente, y deben estar dispuestos a comprometer sus recursos y colaboración a través de alianzas estratégicas entre los sectores público y privado, como en el caso de la Fiebre Aftosa o la Peste Porcina Africana.

Es así que desde el año 2003, se inició la dispersión de moscas estériles en el territorio colombiano fronterizo con Panamá y se han establecido encuentros con la Federación Nacional de Ganaderos de Colombia (FEDEGAN), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Comisión México-EUA para la Erradicación del GBG, la Comisión Panamá-EUA para la Erradicación del GBG (COPEG) y la Universidad Nacional de Colombia para definir las actividades previas al inicio del programa de erradicación en la

investigación ecológica y epidemiológica del GBG, así como la conformación de alianzas estratégicas (Brito 2005, Grupo Análisis y Prevención de Riesgos Internacionales del Instituto Colombiano Agropecuario, comunicación personal).

Sin embargo, en primer lugar, no es claro si EUA está dispuesto a apoyar el programa de erradicación del GBG en Colombia, al menos con las condiciones económicas que en su momento se plantearon para México: EUA aportaba el 80% de los fondos y México el restante 20%, calculado con base en las pérdidas que cada país sufría por el GBG (19). En segundo lugar, la industria ganadera nacional aún no ha participado con recursos económicos tanto en las actividades previas como en la planificación de un eventual programa de erradicación (Brito 2005, Grupo Análisis y Prevención de Riesgos Internacionales del Instituto Colombiano Agropecuario, comunicación personal). En tercer lugar, no hay estudios en Colombia que señalen las pérdidas económicas causadas por el GBG y la situación epidemiológica en todo el territorio nacional. En cuarto lugar, los ganaderos, en general, tienen la concepción de que la miasis por el GBG es producto del descuido, negligencia o abandono en el tratamiento de las heridas inducidas por el manejo de los animales. En quinto lugar, la miasis por el GBG podría no ser una parasitosis tan importante en la medida que las garrapatas y la mosca del noche (*Dermatobia hominis*) causan problemas más serios, frecuentes y evidentes, aún a pesar de la implementación de sistemas de manejo integrado de parásitos, en comparación con el GBG (2).

Finalmente, el programa de erradicación sería planeado a largo plazo, con una inversión grande por parte del gobierno colombiano, aún con el probable apoyo económico de EUA, que sería difícil de ejecutar, pues el Tratado de Libre Comercio entre Colombia y EUA demanda enormes inversiones en infraestructura de transporte y apoyo a los sectores afectados. Además, la asistencia a los desmovilizados, el Plan Colombia, la costosa fumigación de los cultivos ilícitos, la deuda social en salud y educación y extensas áreas de la geografía colombiana

bajo conflicto armado, propicias para el desarrollo del GBG tanto por el hábitat como por la disponibilidad de heridas, hacen que el convencimiento del desarrollo del programa de erradicación del GBG sea más de tipo político que un compromiso con la sanidad animal y la salud pública.

Para el caso de un eventual apoyo económico de EUA al programa de erradicación del GBG en América del Sur, hay quienes señalan que tal decisión puede no ofrecer una ventaja económica para EUA. Richardson et al (23) calificaron en su momento como prudente la extensión de los planes del GBG hacia el Istmo de Tehuantepec, pero consideraron que los limitados recursos de EUA deberían ser concentrados en prevenir la reintroducción, es decir, controlar las importaciones de mamíferos provenientes de países con GBG y en preparar una respuesta efectiva a brotes del GBG que se presenten en suelo norteamericano. Asimismo, se ha aclarado que en la región del Darién en Panamá será mantenida una barrera de contención del GBG de manera indefinida, a través de la liberación de millones de moscas estériles, debido al costo que representa (43), que en todo caso, siempre será menor que el costo a largo plazo de la erradicación del GBG en América del Sur. Además, Whitten y Foster (44) afirman que, durante una serie de graves brotes del GBG en el suroeste de EUA entre 1972 y 1976, el programa de erradicación tuvo que enfrentar una lucha continua por fondos adecuados para su financiación, a pesar de que el proyecto de erradicación había salvado, para ese entonces, a la industria ganadera en más de un millardo de dólares desde 1962. Si un país tan desarrollado como EUA ha tenido este tipo de inconvenientes en el programa de erradicación del GBG, las dificultades para la obtención de recursos económicos, que sostengan la continuidad del programa de erradicación hasta eliminar el GBG de América del Sur, pueden ser tan diversas como insuperables.

Sumado a lo anterior, es necesario considerar el caso de no poder hacer uso de la TIE, para iniciar el programa de erradicación del GBG, aún cuando el compromiso gubernamental y privado sea manifiesto, en

donde se debe recurrir al manejo integrado de este parásito junto con una estricta y permanente vigilancia epidemiológica. En 1996 se puso en evidencia al GBG como productor de miasis en Cuba (45) y en ese mismo año el gobierno de Cuba y la FAO establecieron un proyecto de cooperación técnica a fin de controlar la plaga a nivel nacional, determinar el impacto económico y elaborar un proyecto del programa de erradicación, pues según la FAO (42), las pérdidas económicas causadas por este parásito en Cuba se estimaron en US\$34 millones anuales. Al término de dicho proyecto en 1999, entre la IAEA (International Atomic Energy Agency) y el gobierno cubano, se acordó un proyecto de control y erradicación del GBG en la Isla de la Juventud, en Cuba, para adecuar el programa de erradicación, antes de llevarlo a cabo en todo el país.

Sin embargo, debido a aspectos diplomáticos, la Comisión México-EUA para la Erradicación del GBG no pudo obtener las autorizaciones necesarias para el suministro de las moscas estériles, y los problemas logísticos para el transporte y la dispersión de las moscas estériles en el ámbito local, impidieron la continuación del proyecto de erradicación (42). De esta manera, sólo se llevó a cabo la fase de supresión del GBG en Cuba que consistió en disminuir la incidencia del GBG a través del tratamiento de heridas, captura de insectos fértiles y recolección de masas de huevos, durante 6 meses en el año 2000. Desde entonces, la vigilancia epidemiológica estricta en todo el territorio cubano se ha convertido en una prioridad (45) y en una herramienta básica en la lucha contra el GBG en ese país.

Por otra parte, Myers et al (26) aseguran que no es posible un esfuerzo de erradicación 'de una única vez', de tal forma que las valoraciones pueden tener serias implicaciones en los costos y beneficios de los programas sostenidos de erradicación continua. Es más, con frecuencia se presentan escenarios amenazadores de los posibles impactos de insectos introducidos y de plagas nativas, para de persuadir al público de apoyar los esfuerzos de erradicación. También, señalan que es difícil

evaluar los proyectos de erradicación en la medida que es escasa la información para el análisis crítico de los programas que han sido declarados como exitosos.

Para el caso de EUA, Richardson et al (23) reconocen que cualquier falla en la protección de la industria ganadera contra

el GBG es una amenaza a la economía agropecuaria de la nación. Esto justificaría llevar a cabo ingentes esfuerzos, ya sea en la implementación o en el mantenimiento de una adecuada protección. Las principales técnicas de erradicación de insectos plaga se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Técnicas de erradicación de insectos plaga.

Técnica	Observaciones
Liberación de machos estériles o técnica de insecto estéril (TIE)	Muchas hembras son apareadas por machos estériles y producen progenie no viable.
Rociado con insecticidas	Además de los químicos sintéticos, incluye a los insecticidas biológicos como bacterias, virus y hongos.
Uso de cebos atrayentes para el monitoreo o control	Pueden ser de origen natural o artificial, y en algunos casos pueden requerir el diseño de trampas especiales.
Manipulación del ambiente a gran escala	Incluye la destrucción del hábitat y la eliminación de grandes animales salvajes en un intento por controlar las moscas tse-tsé en África.

Cuando se desea planear un programa de erradicación de un animal plaga, invariablemente se piensa en el costo del mismo y en los beneficios que traerá, y al expresarlos en cifras, los beneficios deben superar con creces a los costos, o por lo menos lo suficiente para justificar la inversión. No obstante, Myers et al (26) advierten que la justificación de los programas de erradicación contra plagas ya establecidas se basa sobre los beneficios económicos y ambientales a largo plazo, y en estos casos, la erradicación solamente se debería llevar a cabo cuando los costos de largo plazo del daño y/o bien control exceden los costos de corto plazo de la eliminación exitosa y permanente. Así, los costos del programa de erradicación pueden aumentar hacia el final debido a que la densidad de la plaga es tan baja que se requieren técnicas y métodos más precisos y probablemente más onerosos para detectar individuos de la especie plaga (46).

Muchas veces durante la ejecución de un programa de erradicación, la mayoría de parámetros biológicos son desconocidos y los costos y beneficios no afectan a todas

las personas por igual, es decir la eliminación de la especie plaga solamente es un componente de la ecuación, y en este sentido, la erradicación de la especie plaga no necesariamente es más eficiente que desarrollar esfuerzos de control de un nivel inferior (26). Tales esfuerzos de control podrían ser el camino a seguir en la lucha contra el GBG en América del Sur, hasta que las condiciones de un programa de erradicación en el subcontinente sean propicias.

A pesar del panorama presentado, el programa de erradicación del GBG en Colombia y en el resto de América del Sur siempre encontrará respaldo técnico (2), pues el potencial para el restablecimiento del GBG en los territorios erradicados es alto con el incremento actual de los viajes internacionales (7, 8). Chaudhury (47) afirma que mientras aún exista el GBG en el hemisferio occidental el peligro de infestación continuará en las áreas ya erradicadas incluso en EUA, y agrega que la erradicación nunca será permanente hasta que la mosca del GBG haya desaparecido completamente del continente americano.

Perspectivas para la investigación sobre el GBG en Colombia. El éxito tan evidente de la TIE en EUA con un mínimo conocimiento de la biología y ecología básica del GBG, ha hecho que la investigación en la producción, técnicas de manejo y desarrollo de los programas de liberación de las moscas estériles esté mucho más adelantada que la investigación sobre la dinámica de poblaciones, dispersión y comportamiento de la mosca de *C. hominivorax* en el campo (44). Es más, los programas de erradicación exitosos en América Central han sido llevados a cabo sin información directa sobre la abundancia del GBG nativo (43).

Sin embargo, la realización de estudios para obtener información acerca de la biología y ecología del GBG está justificada cuando el conocimiento al respecto es escaso en determinadas regiones o países (48). En este mismo sentido, la FAO (3) ha insistido que, si bien la biología de *C. hominivorax* está bien documentada en las condiciones naturales de su distribución en el continente americano, es indispensable confirmar ciertos datos en todo nuevo brote o distribución de la que se tiene poca información, pues las condiciones ambientales no siempre son las mismas y los insectos tienen la capacidad de adaptarse a nuevas circunstancias. Esta visión es compartida por Wall *et al.*, (49) quienes enfatizan la importancia de desarrollar un claro entendimiento sobre la ecología básica y las dinámicas temporal y espacial de un insecto plaga, antes de diseñar o implementar cualquier programa de manejo de plagas.

De acuerdo con la IAEA (40) las prioridades de investigación del GBG se agrupan en cuatro áreas distintas, a saber: a) biología, ecología y dinámica de poblaciones; b) desarrollo de cepas, genética y biología molecular; c) mejoramiento de los métodos de cría; y d) mejoramiento de los métodos de vigilancia y tecnologías de control. Las dos primeras áreas de investigación se han señalado como prioritarias previas al diseño y ejecución de un programa de erradicación (3, 2). Para el caso colombiano, la primera y la última se deben señalar como fundamentales para el estudio y control del GBG en el territorio nacional, aún cuando la

posibilidad de implementar un programa de erradicación del GBG en el mediano plazo sea remota.

Básicamente, la primera área de investigación trataría con la biología y clasificación geográfica del hábitat a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) e índices de vegetación de diferencia normalizada (50, 1, 40), en tanto que la última área de investigación, en Colombia, tendría que ver con los métodos de identificación para el GBG primario y secundario; el mejoramiento de los métodos de captura de las moscas adultas en campo; las posibilidades de tratamientos larvicidas con productos naturales (40); el desarrollo de tecnologías que se ajusten a los diferentes sistemas de producción ganadera de cada una de las regiones geográficas de Colombia; el desarrollo de otros métodos de supresión, que busquen el control del ectoparásito, de manera que la incidencia de miasis por el GBG sea la más baja posible; y finalmente el desarrollo de estudios de viabilidad en la implementación de la TIE, en los campos político, técnico, económico y ambiental.

Como conclusiones de la presente revisión se puede mencionar las siguientes:

1. El Programa de erradicación del GBG ha demostrado ser la mejor herramienta para eliminar este parásito del continente americano, combinada con un tratamiento individual efectivo, adecuada vigilancia epidemiológica y métodos de supresión de adultos.
2. La cría, esterilización y dispersión de millones de moscas estériles, durante el tiempo que tome la erradicación, representa altos costos para el programa de erradicación en la mayoría de los países de América del Sur.
3. No existen estudios sobre la ecología, epidemiología y pérdidas económicas del GBG en Colombia, que permitan planificar adecuadamente un programa de erradicación.
4. Es improbable que un programa de erradicación del GBG en Colombia se lleve a

cabo en el mediano plazo sin la colaboración del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, por su siglas en inglés), los organismos de cooperación internacional, la conformación de alianzas estratégicas entre el gobierno y los productores de ganado, y la coordinación hemisférica, para la extensión del programa de erradicación, entre los demás países de América del Sur.

5. En Colombia, no todas las regiones presentan vías de comunicación, existen amplias áreas despobladas y zonas bajo conflicto armado. Estas circunstancias podrían demorar, o incluso interrumpir, el avance del programa de erradicación.

6. El tratamiento oportuno de los animales infestados y un adecuado manejo de los animales que reduzca al máximo la generación de heridas, parecen ser las mejores soluciones en Colombia y América del Sur, mientras las condiciones para un programa de erradicación del GBG son propicias.

Finalmente las recomendaciones serían:

1. Los estudios de la ecología del GBG deben contar con la participación de diversas instituciones como el Ministerio del Medio Ambiente, las corporaciones regionales autónomas, CORPOICA, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, las universidades públicas y las privadas con programas de investigación afines, y las organizaciones no gubernamentales especializadas en el tema. Tales instituciones definirán las zonas

agroecológicas, las metodologías de investigación y el impacto ambiental de la erradicación del GBG.

2. Los estudios epidemiológicos deberán ser realizados mancomunadamente por el ICA, el Ministerio de Salud y Protección Social, el Instituto Nacional de Salud, la Organización Panamericana de la Salud, la Organización Mundial de la Salud y las facultades de Medicina y Medicina Veterinaria con programas de investigación afines.

3. Los estudios de impacto económico deberán tener como base la discriminación entre diferentes sistemas de producción y capacidad económica de los productores, para el caso de la ganadería, e incluir los análisis de costos y beneficios para consumidores, proveedores de insumos, población rural y la sociedad en general.

4. Con los resultados de los estudios anteriores, se deberá conformar una comisión para la determinación de la viabilidad técnica, política, económica y ambiental de un programa de erradicación del GBG en Colombia. Tal comisión tendrá que estar conformada por las entidades gubernamentales pertinentes, organizaciones privadas involucradas y otros países de América del Sur interesados en ampliar las fronteras de la erradicación.

5. Para la conformación de los diferentes grupos de estudio, la cooperación y coordinación con la OPS, la OIE, la FAO, el IICA y el USDA, sería de utilidad.

REFERENCIAS

- Phillips PL, Welch JB, Kramer M. Seasonal and Spatial and Distributions of Adult Screwworms (Diptera: Calliphoridae) in the Panama Canal Area, Republic of Panama. *J Med Entomol*, 2001; 41(1): 121-129.
- Moya-Borja GE. ¿Erradicação ou manejo integrado das miíases neotropicais das Américas? *Pesq Vet Bras*, 2003; 23(32): 131-138.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Manual para el control de la mosca del Gusano Barrenador del Ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel). Roma: FAO; 1992.
- Gordh G, Headrick DH (Editors). *A Dictionary of Entomology*. New York: CABI Publishing; 2001.

5. Gomez RS, Perdigão PF, Pimenta FJGS, Rios Leite AC, Tanos De Lacerda JC, Custódio Neto A. Oral myiasis by screwworm *Cochliomyia hominivorax*. Short Communication. Br J Oral Maxillofac Surg 2003; 41: 115-116.
6. Wall R, Shearer D. Veterinary Ectoparasites: biology, pathology and control. 2nd Ed. United Kingdom: Blackwell Science Ltd; 2001.
7. Hendrix CM, Wohl JS, Bloom BC, Ostrowski SR, Benefield LT. 1998. International Travel with Pets: Part II, The Threat of Foreign Pathogens. Compendium, 29(11): 1239-1243.
8. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado. Roma: FAO; 1992.
9. Hightower B, Adams A, Alley D. Dispersal of Release Irradiated Laboratory-Reared Screw-Worm Flies. J Econ Entomol 1965; 58(2): 373-374.
10. Anziani OS, Guglielmone AA, Schmid H. Efficacy of dicyclanil in the prevention of screwworm infestation *Cochliomyia hominivorax* in cattle castration wounds. Short communication. Vet Parasitol, 1998; 76: 229-232.
11. OIE (World Organization for Animal Health). 2004. [en línea] Screwworm Myiasis. Last Updated: Oct, 26-2005. [Fecha de acceso: febrero de 2007]. URL Disponible en: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/screwworm_myiasis.pdf. p.2
12. Mangan R, Welch JB. Classification of Screwworms (Diptera: Calliphoridae) by Larval Spine Morphology. J Med Entomol, 1990; 27(3): 295-301.
13. Denlinger DL, •dárez J. Metamorphosis Behavior of Flies. Ann Rev Entomol 1994; 39: 243-66.
14. Krafstur ES, Lindquist DA. Did the Sterile Insect Technique or Weather Eradicate Screwworms (Diptera: Calliphoridae) of Libya? J Med Entomol 1996; 33(6): 877-887.
15. Vargas-Terán M, Hofmann HC, Tweddle NE. Impact of Screwworm Eradication Programmes Using the Sterile Insect Technique, Chapter 7.1. Part VII. Impact of Area-Wide Integrated Pest Management Programmes that integrate the Sterile Insect Technique. In: Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. Dyck VA, Hendrichs J, Robinson AS (Eds.). Netherlands: Springer; 2005.
16. Krafstur ES, Whitten CJ, Novy JE. 1987. Screwworm Eradication in North and Central America. Parasitol Today 3(5): 131-137.
17. Leopold RA, Wang WB, Berkebile DR, Freeman TP. Cryopreservation of Embryos of the New World Screwworm *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). Physiology, Biochemistry and Toxicology Ann Entomol Soc Am 2001; 94(5): 695-701.
18. Adams TS. The Reproductive Physiology of the Screwworm *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae): Part II, Effect of constant temperatures on oogenesis. J Med Entomol 1979; 15(5-6):484-487.
19. Quiroz H. Historia de la Campaña de Erradicación contra el Gusano Barrenador del Ganado. Imagen Veterinaria 2003; 3(1): 4-10.
20. Figarola JL, Skoda SR, Berkebile DR, Foster JE. Identification of screwworms, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae) with a monoclonal antibody based enzyme-linked immunosorbent assay (MAb-ELISA). Vet Parasitol 2001; 102: 341-354.

21. Vargas-Terán M, García-Rodríguez R. El Gusano Barrenador del Ganado del Nuevo y del Viejo Mundo: Su Problemática en el Ámbito Internacional. *Imagen Veterinaria* 2003; 3(1): 35-43.
22. Smith CN, Labrecque GC, Borkovec AB. Insect Chemosterilants. *Ann Rev Entomol* 1964; 9: 269-284.
23. Richardson RH, Ellison JR, Averhoff WW. Autocidal Control of Screwworms in North America. *Science, New Series* 1982; 215(4531): 361-370.
24. Knipling EF. Possibilities of Insect Control or Eradication Through the Use of Sexually Sterile Males. *J Econ Entomol* 1955; 48(4): 459-462.
25. Popham WL, Hall DG. Insect Eradication Programs. *Ann Rev Entomol* 1958; 3: 335-354.
26. Myers JH, Savoie A, Van Randen E. Eradication and Pest Management. *Ann Rev Entomol* 1998; 43:471-491.
27. Geier PW. Management of Insect Pests. *Ann Rev Entomol* 1966; 11: 471- 490.
28. Foster SP, Harris MO. Behavioral Manipulation Methods for Insect Pest-Management. *Ann Rev Entomol*,1997, 42: 123-146.
29. Grønvold J, Henriksen SA, Larsen M, Nansen P, Wolstrup J. Biological control: Aspects of biological control with special reference to arthropods, protozoans and helminthes of domesticated animals. *Vet Parasitol* 1996; 64:47-64.
30. Bateman MA. The Ecology of Fruit Flies. *Ann Rev of Entomol* 1972; 17: 493-518.
31. Petney TN. Ecological implications of control strategies: arthropods of domestic and production animals. *Int J Parasitol* 1997; 27(2): 155-165.
32. Reichard RE. Area-wide biological control of disease vectors and agents affecting wildlife. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 2002; 21(1): 179-185.
33. Wirtz RA. Allergic and Toxic Reactions to Non-Stinging Arthropods. *Ann Rev Entomol* 1984; 29: 47-69.
34. Tannahill FH, Coppedge JR, Snow JW. Screwworm (Diptera: Calliphoridae) myiasis on Curaçao: Reinvasion after 20 years. *J Med Entomol* 1980; 17(3): 265-267.
35. Bushland RC. Screwworm Eradication Program. *Science, New Series* 1974; 184(4140): 1010-1011.
36. Bush GL, Neck RW, Barrie G. 1976. Screwworm Eradication: Inadvertent Selection for Noncompetitive Ecotypes during Mass Rearing. *Science, New Series* 193(4252): 491-493.
37. Boake CRB, Shelly TE, Kaneshiro KY. Sexual Selection in Relation to Strategies Pest-Management. *Ann Rev Entomol* 1996; 41:211-229.
38. McGraw L. Squeezing Out Screwworm. *Agricultural Research Service (ARS)* 2001; April, p. 18-22.
39. Wyss JH. Screwworm Eradication in the Americas. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 916: 186-193.
40. International Atomic Energy Agency (IAEA). Thematic Plan for the Sterile Insect Technique for Old and New World Screwworm. IAEA-TP-NA-D4-01 Limited Distribution. Vienna, Austria. 1998. [Fecha de consulta: febrero de 2007]. URL Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/animal/miasis/pdf/doc6.pdf>.
41. Snow JW, Whitten CJ, Salinas A, Ferrer J, Sudlow WH. The Screwworm, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae), in Central America and Proposed Plans for its Eradication South to Darien Gap in Panama. *J Med Entomol* 1985; 22(4): 353-360.
42. Organización de Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura (FAO). La Cooperación Internacional en el Control, Erradicación y Prevención del Gusano

- Barrenador del Ganado. Roma, Italia. 2005. [Fecha de consulta: febrero de 2007]. URL Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/animal/miasis/pdf/doc8.pdf>.
43. Matlock RB, Welch JB, Parker FD. Estimating Population Density per Unit Area from Mark, Release, and Recapture Data. *Ecol Appl* 1996; 6(4): 1241-1253.
44. Whitten MJ, Foster GG. Genetical Methods of Pest Control. *Ann Rev Entomol* 1975; 20: 461-476.
45. Rodríguez-Diego JG, Véliz MA, Mendoza E, Blandino T., Serrano E. 2001. Aspectos Epizootiológicos del Gusano Barrenador del Ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel), en una Zona Ganadera de Cuba: Estudio Preliminar. *Rev Salud Anim* 23(2): 114-117.
46. Baumhover AH, Graham AJ, Bitter BA, Hopkins DE, New WD, Dudley FH, et al. Screw-worm Control through Release of Sterilized Flies. *J Econ Entomol* 1955; 48(4): 462-466.
47. Chaudhury MF. Sterile insect technique: success against *Cochliomyia hominivorax*. In: Management of myiasis: current status and future prospects. Colwell DD, Dorchies P (Eds.). *Vet Parasitol* 2004; 125:93-104.
48. Spencer JP, Snow JW, Coppedge JR, Whitten CJ. Seasonal Occurrence of the Primary and Secondary Screwworm (Diptera: Calliphoridae) in the Pacific Coastal Area of Chiapas, Mexico during 1978-1979. *J Med Entomol* 1981; 18(3): 240-243.
49. Wall R, Howard JJ, Bindu J. The abundance of blowflies infesting drying fish in south-west India. *J Appl Ecol* 2001; 38: 339-348.
50. Siddig A, Al Jowary S, Al Izzi M, Hopkins J, Hall MJR, Slingenbergh J. Seasonality of Old World screwworm myiasis in the Mesopotamia valley in Iraq. *Med Vet Entomol* 2005; 19: 140-150.