

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LARVAS 3 Y PUPAS DE *Cochliomyia
hominivorax* EXPUESTAS EN SUELO NATURAL DEL NORTE DEL URU-
GUAY**

“por”

Leonardo DUTRA

TESIS DE GRADO presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de Doctor en
Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal

Modalidad: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2018**

PÁGINA DE APROBACIÓN**Tesis de Grado aprobada por:****Presidente de Mesa:**

Dr. Mariano Carballo**Segundo Miembro (Tutor):**

Dr. Rafael Carriquiry**Tercer Miembro:**

Dr. José Venzal**Cuarto Miembro:**

Dra. María Angélica Solari**Quinto Miembro:**

Dr. Ulises Cuore**Fecha:****12/10/2018****Autores:**

Leonardo Dutra

Agradecimientos

A mi familia por el apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera sin el cual no hubiera podido llegar a esta instancia.

A mi tutor Dr. Rafael Carriquiry y a mis co-tutores Dra. María Angelica Solari y Dr. Ulises Cuore por su gran apoyo en todo momento. Al bachiller Santiago Losiewicz.

A la Lic. Laura Marques por brindarnos importante información para realizar el estudio.

A Gerardo Rodríguez y su familia por abrirnos las puertas de su establecimiento y permitirnos trabajar.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	7
1. RESUMEN	8
2. SUMMARY	9
3. INTRODUCCIÓN	10
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
4.1 Generalidades	11
4.2 Ciclo biológico de <i>Cochliomyia hominivorax</i>	13
4.3 Impacto económico	15
4.4 Zoonosis	17
4.5 Variabilidad y estructura genética	19
4.6 Distribución geográfica	20
4.7 Ecología	21
4.8 Situación Epidemiológica en Uruguay	25
4.9 Control y planes de erradicación	27
5. TRABAJO EXPERIMENTAL: "Estudio de la viabilidad de los estadios de larvas 3 (L3) y pupas de <i>Cochliomyia hominivorax</i> expuestas en suelo del norte del Uruguay".	
5.1 Introducción	34
5.2 Hipótesis	35
5.3 Objetivos	36
5.4 Diseño experimental	36
5.5 Materiales y Métodos	36
5.5.1 Área de estudio	36
5.5.2 Materiales y técnica de exposición	37
5.5.3 Recolección y registro de datos	39
5.5.4 Proceso en el laboratorio	40
5.5.5 Análisis estadístico	41
5.5.6 Período de estudio	41
5.6 Resultados	41
5.6.1 Exposición de L3	41
5.6.2 Exposición de pupas	42
5.7 Discusión	44
5.8 Conclusiones	48

6	BIBLIOGRAFÍA	49
7	ANEXOS	61

Lista de figuras

	<u>Página</u>
Figura 1. Clasificación taxonómica de <i>C. hominivorax</i>	12
Figura 2. Países a los que ha sido introducido <i>C. hominivorax</i> desde 1992.....	13
Figura 3. Ciclo biológico de <i>C. hominivorax</i>	14
Figura 4. Gráfico 1: Variación estacional de la presencia de <i>C. hominivorax</i> . Gráfico 2: Prevalencia en ovinos y bovinos (porcentaje de animales afectados) y mortalidad para ovinos y bovinos.....	17
Figura 5. Mapa de distribución de <i>C. hominivorax</i>	21
Figura 6. Incidencia de las miasis de acuerdo a la especie animal y con los géneros.....	26
Figura 7. Evolución de las prevalencias de miasis en ovinos y bovinos.....	27
Figura 8. Área realización plan Piloto Regional frontera Uruguay – Brasil.....	33
Figura 9. Ubicación geográfica Establecimiento “La Galera”	37
Figura 10. Material exposición (larvas 3)	37
Figura 11. División larvas 3 en cajas de Petri.....	38
Figura 12. Material exposición (pupas).....	38
Figura 13. Registro emergencia de adultos.....	39
Figura 14. Recolección datos temperatura del suelo.....	40
Figura 15. Recuperación pupas de perfiles de tierra (Dpto. Parasitología DILA-VE)	40
Figura 16. Emergencia adultos 3/6/2017.....	42

Lista de Tablas

Tabla 1. Resultados de las exposiciones de L3.....	41
Tabla2. Datos climáticos propios del periodo de emergencia en cada exposición.....	41
Tabla 3. Resultados de las exposiciones de pupas.....	43
Tabla 4. Datos de pupas; fechas de exposición, días de expuestas, evidencia de eclosión, total de pupas incubadas, adultos y porcentaje de emergencia, en la fracción de suelo.....	43
Tabla 5. Datos climáticos relacionados con la duración de la viabilidad de cada exposición de Pupas.....	44
Tabla 6. Registros promedio de temperatura máxima y mínima, obtenidos en el lugar de estudio comparado con datos históricos.....	45
Tabla 7. Comparación de la supervivencia de pupas en tres lugares diferentes de zona norte (com.per. Laura Marques).....	46

1. RESUMEN

Cochliomyia hominivorax es un díptero que se comporta como parásito obligado en su etapa larvaria, causante principal de las miasis cutáneas primarias, tanto en Uruguay como en el resto de América del Sur.

Consecuentemente a los cambios climáticos que vienen ocurriendo durante los últimos años, nuestro clima aparentemente está “subtropicalizándose”, causando efectos significativos en la estructura productiva nacional.

En los años considerados hasta ahora “normales”, la mosca de la “bichera” como es denominada *C. hominivorax*, aparecía en primavera, adquiría el mayor impacto en verano, decrecía en otoño, y las heladas invernales la hacían desaparecer. Pero actualmente, es habitual oír que “hay bicheras todo el año”.

Los objetivos de este trabajo experimental fueron estudiar los días entre exposición de L3 y la emergencia de adultos; así como determinar en días la viabilidad máxima de pupas expuestas al medio ambiente durante los meses mayo, junio y julio en un suelo del norte del Uruguay.

Se expuso cada 15 días el material biológico (L3 y pupas) proveniente de la colonia mantenida en el Departamento de Parasitología de la DILAVE “Miguel C. Rubino” sobre un tapiz natural, en un suelo al descubierto. Así mismo, en las exposiciones sucesivas se tomaban perfiles de tierra donde se habían enterrado las pupas y se los enviaba al laboratorio para analizar la viabilidad del material previamente expuesto. Las lecturas correspondientes a presencia de adultos en las trampas de emergencia sobre los lugares donde se expusieron las larvas 3, se realizaron cada 48 horas. A su vez se registraban diariamente datos climáticos y de temperatura del suelo.

En cuanto a los resultados de las exposiciones de L3, todas presentaron emergencia de adultos. La temperatura media durante el ensayo estuvo entre 12 y 14°C, la lluvia acumulada no presentó registros importantes, los cuales oscilaron entre 0,2mm y 2,0mm y la humedad en el eje del 90%. Al análisis estadístico, no se encontró correlación lineal entre la emergencia de adultos a partir de las diferentes exposiciones de L3 y las correspondientes variables del clima (temperatura del suelo, temperatura ambiente, humedad relativa y lluvia).

Respecto a los resultados de exposiciones de pupas, a nivel de campo, se observó la emergencia de adultos en tres de las cinco exposiciones realizadas. Dado que el objetivo consistió determinar el tiempo de sobrevivencia de las pupas, se incubaron los ejemplares enteros a 27°C de temperatura y 70% de humedad durante 5,5 días. Cuatro de las cinco muestras de exposiciones llevadas al laboratorio presentaron emergencia de adultos. Se encontró un rango similar en las exposiciones primera, segunda y cuarta, de 47, 43 y 44 días, presentando durante los respectivos días promedios de temperatura de 14, 13 y 16°C. En relación a estos resultados de sobrevivencia, el porcentaje de emergencia fue de 42, 20 y 20 respectivamente. En la quinta exposición no fue evidente la emergencia de adultos a nivel de campo y no se constató emergencia en el laboratorio al envío de muestra de suelo. Se encontró un periodo máximo de pupas viables de 47 días, con posterior emergencia de adultos.

2. SUMMARY

Cochliomyia hominivorax is a fly that behaves as an obligate parasite in its larval stage, the main cause of primary cutaneous myiasis, both in Uruguay and in the rest of South America.

As a result of the climate changes that have been occurring during the last few years, our climate is apparently "subtropicalizing", causing significant effects in the national productive structure.

In the years considered until now "normal", the fly of the "bichera" appeared in spring, had the greatest impact in summer, decreased in autumn, and winter frosts made it disappear. But nowadays, it is common to hear that "there are bicheras all year around".

The objectives of this experimental work were to study the days between exposure of L3 and the emergence of adults; as well as determine in days the maximum viability of pupae exposed to the environment during the months of May, June and July in a soil in the north of Uruguay.

Every 15 days the biological material (L3 and pupae) from the colony maintained in the Department of Parasitology of DILAVE "Miguel C. Rubino" was exposed on a natural tapestry, in an exposed floor, as well as in the successive expositions soil profiles were taken where the pupae had been buried and sent to the laboratory in order to analyze the viability of the material previously exposed. The readings corresponding to the presence of adults in the emergency traps on the places where the larvae 3 were exposed, were made each 48 hours In turn, climatic and soil temperature data were recorded daily.

Regarding the results of L3 exposures, all presented adult emergencies. The average temperature during the test oscillated between 12 ° C and 14 ° C, the rain did not present important records and the humidity in the axis of 90%. In the statistical analysis, no linear correlation was found between the emergence of adults from the different L3 exposures and the corresponding climate variables (soil temperature, ambient temperature, relative humidity and rainfall).

Regarding the results of pupal exposures, at the field level, the emergence of adults was observed in three of the five exhibitions. Since the objective was to determine the survival time of the pupae, the whole specimens were incubated at 27 ° C temperature and 70% humidity for 5.5 days. Four of the five samples of exposures taken to the laboratory presented adult emergencies. A similar range was found in the first, second and fourth exposures, of 47, 43 and 44 days, having averages of 14, 13 and 16 °C during the respective days. In relation these survival results, the emergency percentage was 42, 20 and 20 respectively. In the fifth exhibition, the emergence of an adult at the field level was not evident and no laboratory emergency was detected when the soil sample was sent. A maximum period of viable pupae of 47 days was found, with subsequent fly emergence.

3. INTRODUCCIÓN

Cochliomyia hominivorax (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae), es un díptero que produce significativas pérdidas económicas en la producción ganadera en la región Neotropical. Entre los años 1957 a 2000 se ha empleado la técnica de insectos estériles (TIE) la cual ha permitido erradicar este parásito de América del Norte y América Central (Graham, 1985).

Con excepción de Chile que es “naturalmente” libre del parásito a causa de barreras naturales, la distribución de *C. hominivorax* en la actualidad se extiende en parte del Caribe y América del Sur (IAEA, 1998; Wyss y Galvin, 1996).

La mosca de la “bichera” puede infestar a todos los vertebrados de sangre caliente, incluyendo al hombre. Las hembras grávidas colocan sus masas de huevos en el borde de heridas o menos frecuentemente en las mucosas asociadas a las aberturas naturales de los hospederos, donde las larvas se alimentan de tejidos vivos y fluidos corporales (Guimarães y col., 1983). Este proceso llamado miasis cutánea, exhala un olor particular que atrae, a su vez, a otras hembras a oviponer en las heridas, produciendo así una morbilidad y una mortalidad importante de los animales afectados (Reichard, 2002).

C. hominivorax es el causante principal de las miasis cutáneas primarias, tanto en Uruguay como en el resto de América del Sur. Representa un grave problema sanitario que produce significativas pérdidas económicas (Carballo y col., 1990).

Por su evidente impacto sobre la salud y productividad del ganado, *C. hominivorax* es considerada una plaga de interés veterinario, originando disminución en la producción de carne, leche, lana, y aumento de infecciones secundarias, alcanzando al extremo de mutilaciones o muerte en animales masivamente parasitados (COMEXA, 2008).

Consecuentemente a los cambios climáticos que vienen ocurriendo durante los últimos años, nuestro clima aparentemente está “subtropicalizándose”, causando efectos significativos en la estructura productiva Nacional.

En los años considerados hasta ahora “normales”, la mosca de la “bichera” aparecía en primavera, adquiría el mayor impacto en verano, decrecía en otoño, y las heladas invernales la hacían desaparecer. Pero actualmente, es habitual oír que “hay bicheras todo el año”, lo que aumenta las pérdidas, y condiciona negativamente algunas prácticas productivas recomendadas desde el punto de vista técnico, como por ejemplo las encarneradas tardías (Irigoyen 2002).

Existe correlación entre los datos meteorológicos y los datos de temperatura de las áreas locales en que ocurre miasis por *C. hominivorax* lo cual hace pensar que la temperatura juega un papel fundamental en la determinación del ambiente adecuado para esta especie de mosca (Elwaer y Elowny, 1991). Dentro de márgenes, y debido a que a mayor temperatura se produce una mayor tasa de oviposición, de desarrollo pupal, de cópula y de maduración ovárica, el ciclo de *C. hominivorax* se acelera en la primavera y verano (Krafsur, 1991). El desarrollo de las fases inmaduras es influenciado fuertemente por la temperatura, es más lento a bajas temperaturas (Laake y col., 1936). La duración de estos estadios inmaduros puede variar de una semana a dos meses dependiendo de la

estación (Laake y col., 1936). Así el ciclo de vida completo puede durar dos o tres meses en tiempo frío (Parman, 1945), mientras que, en áreas templadas con una temperatura media de 22°C, se completa en aproximadamente 24 días (Laake y col., 1936). En clima tropical (alrededor de 29°C) se completa en unos 18 días (Thomas, 1989).

El presente trabajo tuvo como objetivo obtener información que amplíe los conocimientos sobre la bioecología de *C. hominivorax* y como esta se encuentra influenciada por los factores meteorológicos, tales como la temperatura, la humedad ambiental y pluviosidad durante los meses de mayo junio y julio en Rivera, Uruguay. Este estudio permitirá ayudar a conocer su dinámica poblacional; datos que pueden ser tenidos en cuenta al momento de implementar medidas de control o erradicación.

Actualmente existe un Grupo de trabajo para el control de la enfermedad miasis por *C. hominivorax* el cual está abocado a trabajar en estrategias, investigación y capacitación.

El mismo está integrado por representantes de la Dirección General de Servicios Ganaderos DGSG, el SUL, INIA, IPA, Facultad de Veterinaria y de Ciencias, MSP, MVOTMA, Academia Nacional de Veterinaria, Sociedad de Medicina veterinaria (SMVU) y gremiales rurales.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 GENERALIDADES

La mosca de la “bichera”, *C. hominivorax*, pertenece a la familia Calliphoridae. El género *Cochliomyia* es originaria del continente americano (ver figura 1) y está representado por 4 especies: *C. hominivorax*, *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775), *Cochliomyia aldrichi* (Del Ponte, 1938) y *Cochliomyia minima* (Shannon, 1926) (Dear, 1985; FAO, 1993b; Kosmann, y col., 2013).

La larva de la mosca de *C. hominivorax* es considerada como una plaga de importancia económica por su impacto sanitario en animales de sangre caliente y los seres humanos; consecuentemente, es la más investigada de las 4 especies mencionadas (Forero y col., 2008). *C. macellaria*, por otro lado, es relatada como una mosca “carroñera”, la cual ha sido asociada con miasis secundarias en animales vivos (Oliveira, 1982; Gutierrez, 2014; Liria Salazar, 2006; Rocha, 1999). Dada la enorme similitud morfológica que tiene con *C. hominivorax* ambas especies fueron constantemente confundidas como una sola (Rocha, 1956; citado por Lyra, 2005; Alvarez, 1975).

La mosca es procedente de América y, ha sido erradicada desde los Estados Unidos hasta Panamá, continuando endémica en el resto del continente (COPEG, 2016).

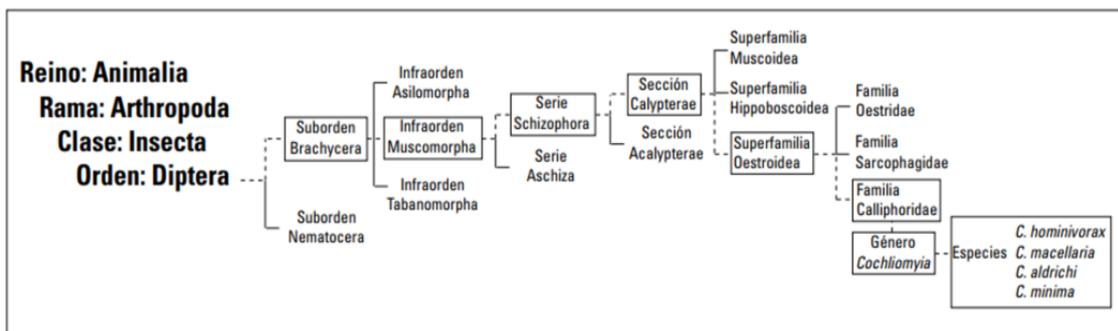


Figura 1: Clasificación taxonómica de *C. hominivorax*.

Fuente: Wall y col., 2001; FAO, 1993a.

Cochliomyia hominivorax

Conocida comúnmente como mosca de la “bichera” o mosca del gusano barrenador del ganado del Nuevo Mundo, fue reportada por primera vez en la especie humana, quienes en prisión, eran literalmente devorados por su larva; a consecuencia de esto, luego fue conocida como la “devoradora de hombres” (Touré, 1994). Inicialmente, fue designada como *Lucilia hominivorax*, posteriormente, otros autores la denominaron como *Calliphora infesta*, *Calliphora antrophophaga*, *Somomyia fulvobarbata*, *Cochliomyia americana* y su nombre actual es *Cochliomyia hominivorax* (del latín, Cochlio= en forma de espiral o tornillo y Myia= mosca). A su vez, la larva es conocida comúnmente como Gusano Barrenador del Ganado (GBG), Gusano Barrenador Primario, Gusano tornillo, “Screwworm” en inglés y “Bicheira” en portugués (FAO, 1993a; Bajatta, 2007; Forero y col., 2008).

La especie *C. hominivorax*, es una mosca clasificada como agente causador de miasis primaria obligatoria en animales homeotermos. Es biontófaga, es decir, se desarrolla exclusivamente en tejidos vivos de animales vertebrados (humanos, animales domésticos y salvajes), y en nuestro país es conocida ordinariamente como “mosca de la bichera”.

El control y erradicación de la mosca de la “bichera” deben ser prioridad en los países de América del Sur y algunas islas del Caribe que aún se encuentran naturalmente infestadas ya que la miasis traumática causada por sus larvas es considerada como una zoonosis que traspasa fronteras.

La miasis traumática es originada por la acción mecánica lacerante de los estadíos larvarios de *C. hominivorax*, lo cual provoca secreciones, excreciones y necrosis tisular y en consecuencia atrae a otros dípteros. Estas circunstancias pueden favorecer la infección sobre agregada de *Phaenicia* spp., *Lucila* spp., *C. macellaria*, entre otras, que habitualmente se desarrollan en tejidos muertos, generando una miasis cutánea secundaria (Oliveira, 1982).

La mosca fue introducida a Libia, África en 1987 consecuentemente a la comercialización de animales; Woodford (1992), estimó el potencial impacto que pudo tener si esta plaga hubiera escapado de Libia y, concluye que, *C. hominivorax* hubiera cruzado Egipto, bajando por el Valle del Nilo hasta llegar a la población animal Africana, lo que hubiera desencadenado una enorme infestación

con resultados catastróficos para la vida humana y animal del continente Africano. Además, esta no fue la única vez en que *C. hominivorax* traspasó fronteras, se ha hallado en países como Australia, Francia, Estados Unidos y Bahrein; en la figura 2 se anota los lugares, fuera del continente Americano, donde se ha reportado la presencia de *C. hominivorax*.

AÑO	PAIS DE INTRODUCCION	MODO DE INTRODUCCIÓN	PAIS DE ORIGEN	REFERENCIA
1982	Paris, Francia	Perro importado	Brasil	Chemette et al., 1982
1987	Libia	Ovinos vivos importados	S. América	El-azazy, 1989
1988	Bahréin	Caballo importado	Argentina	Novy, 1991
1989	Houston, USA	Retorno de caballo de competencia	Venezuela	Novy, 1991
1989	Bahréin	En un soldado herido	Panamá	Mehr, Powers & Konkol, 1991
1991	SE Australia	Pasajero humano	Brasil	Searson et al., 1992

Tomado de: Spradbery, 1994

Figura 2: Países a los que ha sido introducido *C. hominivorax* desde 1992.

4.2 CICLO BIOLÓGICO

C. hominivorax es un insecto holometábolo, pasando por fases de huevo, larva, pupa y adulto sexualmente maduro, o sea, tiene metamorfosis completa. El ciclo completo de este díptero dura alrededor de 24 días a una temperatura de 22°C (Laake, Cushing; Paris, 1936 citado por Hall, 1991) y 18 días a 29 °C (Thomas; Mangan, 1989 citado por Hall, 1991). Machos y hembras adultas tienen hábito diurno, y pueden volar más de 40 kilómetros de distancia, sobrevivir, en promedio, 4 semanas, a una temperatura de 25°C y alrededor de 70% de humedad relativa del aire (Leite, 2004).

La mosca de la “bichera” es iterópara, o sea, se reproduce durante toda la vida, con la ovoposición ocurriendo en ciclos que duran en promedio tres días. Las hembras de *C. hominivorax*, de cierta forma, combinan longevidad e iteroparidad, con autogenia y grandes masas de huevos. Este comportamiento reproductivo es bien adaptado para la exploración de recursos transitorios, tales como heridas de animales (Thomas y Mangan, 1989; Mastrangelo, 2011).

Las hembras de *C. hominivorax* depositan masas de 10 a 393 huevos que se adhieren firmemente a los tejidos secos de los alrededores de las lesiones, mientras se alimentan de exudados (James, 1947).

La deposición de masas de huevos es precedida por la movimentación del abdomen, exposición del ovipositor y búsqueda de local adecuado para la oviposición. La hembra explora la superficie de la región utilizando el aparato bucal y también la punta del ovipositor, hasta que puede seleccionar el mejor local. Los huevos son depositados en una masa plana irregular, con los huevos orientados hacia una misma dirección, de forma imbricada y no en capas. Si la he-

rida ya tenía una masa de huevos, la hembra que está para ovipositar deposita la nueva masa en la superficie o en contacto directo con la masa anterior en 67% de los casos. Terminada la oviposición, las moscas generalmente abandonan el animal inmediatamente (Thomas y Mangan, 1989).

Doce a veinticuatro horas post postura, las larvas eclosionan, dependiendo de la temperatura (James, 1947; Bushland; Hopkins, 1951). Después de la eclosión, las larvas penetran en la piel, manteniendo la región posterior hacia el exterior de la lesión para permitir la respiración por los espiráculos. Las larvas son gregarias y producen formaciones en bolsas, en los tejidos invadidos, consumiendo tejido muscular, vasos, nervios y tejido conjuntivo (James, 1947).

El desarrollo completo de las larvas dentro del hospedero varía de 5 a 9 días, luego abandonan la herida y caen al suelo enterrándose para mudar a fase de pupa (Baumhover y col., 1955 citado por Oliveira, 1979).

Cuando emergen los adultos copulan 3 a 4 días y a los 6, las hembras ya pueden realizar la primera postura (Laake y col., 1936 citado por Crystal, 1967).

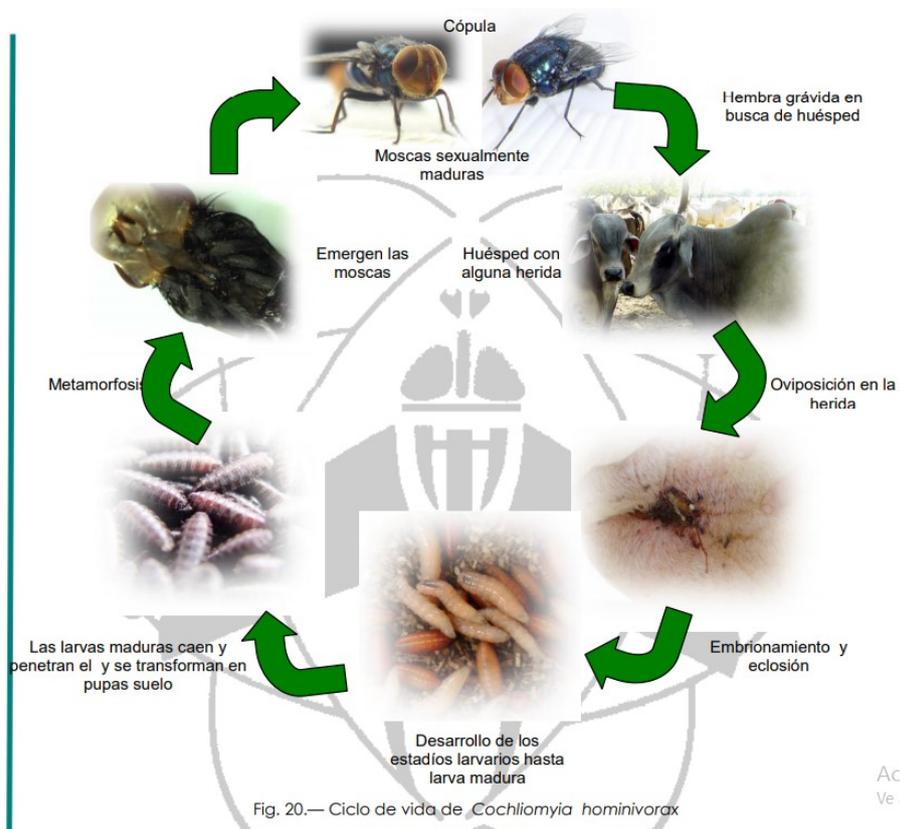


Figura 3: Ciclo biológico de *C. hominivorax*. Fuente: Comisión México-americana para la erradicación del gusano barrenador del ganado mayo 2008.

4.3 IMPACTO ECONÓMICO

Según Thomas y col. (1987) *C. hominivorax*, y el tórsalo o nucho, *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr., 1781) son las especies que con mayor frecuencia causan miasis en las ganaderías de los trópicos del continente americano, siendo un problema costoso y habitual.

De todas formas, *C. hominivorax* suele ser causa habitual de muerte en animales muy jóvenes, especialmente cuando infesta la región del ombligo (FAO, 1992), o en seres humanos abandonados, descuidados y en precarias condiciones de higiene (Da Silva y col., 2005; Gomez y col., 2003; Visciarelli y col., 2003).

Asimismo, sus efectos económicos son innegables (Colwell, 2004; Moya-Borja, 2003). *C. hominivorax* puede infestar distintas especies de animales silvestres como venados, armadillos, tamandúas, pacas, elefantes, lobos marinos, avestruces y varias especies de felinos (Moya-Borja, 2003), y también animales domésticos como bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos y caninos (Snow y col., 1985), sin embargo, se considera que es más frecuente en los bovinos (Thomas, 1987), pues son más abundantes que las demás especies en muchos de los territorios naturalmente infestados.

La miasis por *C. hominivorax* provoca daños permanentes en el cuero, reducción en la ganancia de peso y producción láctea, aumenta la susceptibilidad a enfermedades, favorece la reinfestación, tanto de la misma especie como de otras especies de moscas, así como la contaminación bacteriana de la herida, que puede conducir a toxemia y la muerte (Berkebile y col., 2000).

Sin embargo, el costo de profilaxis y de tratamiento de las heridas infestadas puede ser más relevante y significativo para la estimación de las pérdidas económicas (Lima y col., 2004; Anziani y col., 2000; Muniz y col., 1995) que la mortalidad de los animales.

Entre 4,82 a 10,71 dólares por animal enfermo es el estimado anual de pérdidas debido a vigilancia y medicación, sin tomar en cuenta una mayor demanda de mano de obra ni las pérdidas de producción en varios países de América del Sur (IAEA, 1998), aunque en este caso particular no se discrimina por la especie animal afectada.

Estas cifras coinciden con la estimada por la FAO (1992) de 5,5 dólares/animal enfermo/año, en donde se supone que cada animal es examinado dos o tres veces por semana, y las heridas se tratan con un insecticida cuyo costo está incluido y fue calculado en 1,5 dólares/animal/año, para prevenir la miasis y curar las infestaciones.

A partir de cifras como la anterior, se han estimado las pérdidas económicas para algunos países al multiplicar por el total de bovinos en un determinado territorio (Moya-Borja, 2003).

Desde los comienzos de la historia la ganadería del Uruguay convive con la mosca de la "bichera", así que percibida como un elemento más forma parte de los sistemas productivos, la cual muchas veces se afronta sin pensar ni medir sus efectos sobre la producción y el bienestar animal. En nuestro país se han realizado algunos estudios sobre el impacto económico de esta plaga en la ganadería nacional.

En la década de los 80 se origina por primera vez un caso de miasis por *C. hominivorax* afuera de América; el caso ocurrió en África, Libia y fueron muchas las personas y animales atacados.

Algunos autores atribuyeron la introducción de esta plaga a la importación de animales en pie desde Uruguay. La erradicación de *C. hominivorax* de Libia costó más de 100 millones de dólares.

Es muy probable que después de este episodio en el país Africano muchos productores y técnicos en Uruguay, empezaron a pensar e incentivar acciones para la erradicación de esta plaga, mediante la técnica de los insectos estériles (TIE) que desde muchos años ya era conocida en América del Norte.

En el año 1998 el MGAP a través de la Dirección General de Servicios Ganaderos promovió un estudio sobre el impacto económico de esta plaga en la ganadería Nacional. El mismo estudio fue proyectado por el departamento de Parasitología de DILAVE ejecutado por el Departamento de Campo de Sanidad Animal. La metodología de la investigación constó de una encuesta con entrevista personal de los productores a cargo de los establecimientos y el correspondiente llenado de un formulario estructurado.

A precios de aquel momento, se consideró una pérdida directa de aproximadamente 25 millones de dólares anuales, divididos de la siguiente forma: curabichera (2 millones), mano de obra (15 millones), mortalidad en ovinos (5 millones) y mortalidad en bovinos (3 millones). En ese estudio no fueron cuantificadas las pérdidas productivas (las cuales podrían ser las de mayor impacto económico) los animales afectados, dificultades en los mercados, casos humanos y afección de la fauna.

En el año 2000, el Dr. John Wyss, en ese entonces, director Regional del Programa GBG en México y Centro América visitó y realizó una estimación de pérdidas y del impacto económico del GBG en Uruguay. Este experto utilizó un modelo desarrollado en la Universidad de Texas A&M. El mencionado modelo valoraba todos los elementos tales como baja de costos (insecticidas, drogas veterinarias, atención veterinaria, inspección y vigilancia, mano de obra, mortalidad de animales, etc.) y el aumento de la producción (peso animal, carne, leche, etc.). Se estimó un beneficio derivado de la erradicación para los productores de aproximadamente 99 millones de dólares anuales y un impacto para la economía total del país de 794 millones/año.

El costo de la erradicación se estimó en ese entonces en nuestro territorio y para ese momento en aproximadamente 55 millones de dólares y el mantenimiento hasta que la región erradicara era de 7 millones de dólares anuales. En el año 2000 a través de una encuesta de DICOSE y del Censo Agropecuario quedó clara la preocupación que esta plaga significa para los productores. La encuesta realizada fue de carácter voluntaria ejecutada junto con la declaración jurada de DICOSE, en la cual participaron 10.430 productores. La "bichera" fue indicada como uno de los principales problemas sanitarios del país por 52% de quienes respondieron a dicha encuesta. Luego en el Censo Agropecuario de ese mismo año, se reveló que 68% de los bovinos y el 78% de los ovinos estaban expuestos.

En el año 2006 se lleva a cabo un nuevo estudio sobre el efecto de este flagelo en la ganadería nacional, comprendiendo 530 productores pecuarios, seleccionados al azar. En el gráfico 1 se puede observar que hay una muy significativa variación estacional en la presencia de esta plaga, como era de esperar, mínimo en la estación invernal y máximo en los meses de verano. En el gráfico 2 se observa la prevalencia (porcentaje de animales afectados) siendo la estimación de 5,7% en ovinos y 3,4% de bovinos. La mortalidad para ovinos es de 1,25% y en bovinos de 0,06%.

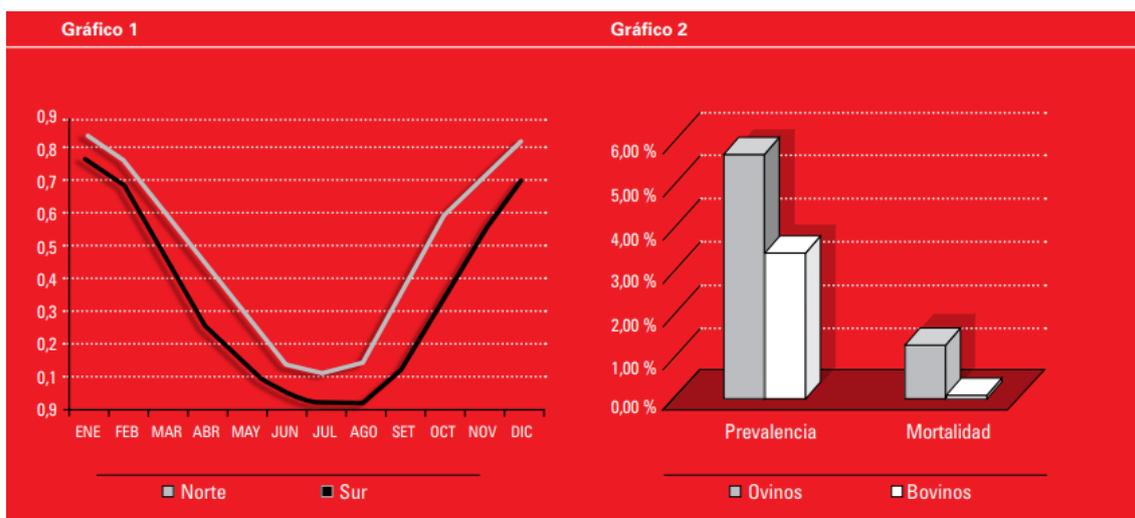


Figura 4: Gráfico 1: Variación estacional de la presencia de *C. hominivorax*. Gráfico 2: Prevalencia en ovinos y bovinos (porcentaje de animales afectados) y mortalidad para ovinos y bovinos.

Fuente:

https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R124/R124_52.pdf

A partir de esa misma encuesta, surge que el manejo tanto de la especie bovina como ovina está proyectado en función de la presencia de la mosca de la “bichera”. Así mismo el descole en ovinos y la castración se realizan mayormente y fundamentalmente en estaciones de reducida presencia de este díptero y la programación de las pariciones y esquila también tienen en cuenta este factor en su manejo. También en este estudio se reveló que en un 0,07% de los establecimientos había personas afectadas cada año, así es que proyectado a la población rural habría unos 818 casos humanos al año.

En manera de resumen el impacto económico causado solamente por mortalidad de animales, mano de obra y curabichera a nivel del país, se estima en 38,5 millones de dólares al año. Claramente, para cuantificar las pérdidas económicas totales se debería estimar las pérdidas productivas y el efecto global sobre la economía lo cual aumentaría significativamente los costos.

4.4 ZONOSIS

Nuevos casos de infestación en humanos por larvas de *C. hominivorax* se han notificado. Quijada y col. (2012) comunicaron sobre dos casos de niñas brasileñas (5 y 10 años de edad) que padecían, simultáneamente, pediculosis (*Pediculus humanus capitis*) y miasis cutánea en sus cabezas. Factores como heridas por mordedura de los piojos, el auto trauma infringido al rascarse, la pobreza socioeconómica y las condiciones higiénicas en las que vivían los pacientes, se consideraron como predisponentes de riesgo para la implantación de *C. hominivorax*.

La miasis maxilar es una enfermedad tropical rara, endémica en varias partes del mundo y habitual de algunos mamíferos, donde no está excluida la especie humana. Reinoso y Quezada (2013) informaron el primer caso de ese tipo de enfermedad en Ecuador provocado por *C. hominivorax* y realizaron una descripción de la invasión masiva de las larvas.

En Cuba, Rodríguez Diego y Córdova (2007) comunicaron otras patologías en el rostro. Dichos autores publicaron sobre la afectación humana por larvas del agente que implicaba las cavidades nasales, oculares y auditivas de un paciente de origen campesino, el mismo ingresó en estado grave al hospital. Un total de 212 larvas se recuperaron a través de las fosas nasales, afortunadamente una rápida atención médica especializada pudo controlar y revertir el cuadro, luego de la aplicación de ivermectina.

Un hombre de 95 años de edad que padecía las enfermedades de Alzheimer y de Parkinson fue descrito también con miasis oral por Thyssen y col. (2012).

Se logró estimar una infestación de al menos 143 horas teniendo en cuenta el tiempo de desarrollo y la longitud de los gusanos. El mal estado fue sin lugar a dudas uno de los factores para la infestación; no obstante, el largo tiempo de afectación observada delató negligencia y fallos en la atención al paciente.

Otro caso de miasis fue reportado en la cavidad bucal en un hombre de avanzada edad por Ribeiro y col. (2012). Se logró la eliminación de 110 larvas del enfermo el cual se sometió a dos eliminaciones mecánicas de las larvas.

Batista da Silva y col. (2012) relató un caso grave de miasis por *C. hominivorax* en un hombre de 59 años de edad, en una zona urbana de São Gonçalo, Río de Janeiro.

El paciente presentaba una herida abierta en el hombro derecho, parasitada por 287 larvas. Se lavó la herida con cloruro de sodio y se aplicó vaselina sólida con el propósito de eliminar las larvas; posteriormente, se cubrió con una gasa mojada en solución salina y con cinta adhesiva. Luego de 90 minutos, las larvas murieron por asfixia y se eliminaron mediante pinzas estériles.

La herida quedó totalmente limpia con el procedimiento antes realizado. En un hospital de la ciudad capital de la provincia Tucumán, Argentina Olea y col. (2014) estudiaron otro caso en un paciente diabético, el cual presentaba 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. Las larvas se eliminaron y el paciente fue tratado con antibióticos. La diabetes fue el principal factor que favoreció el desarrollo de la miasis, al perder la sensibilidad del miembro que dio lugar a la consulta tardía. Además, la mala higiene personal del paciente benefició la atracción de las moscas, y la descarga de mal olor de la herida favoreció la oviposición de las hembras.

La necesidad de implementar un programa de prevención de la miasis surgió a partir de este estudio, en el que población sea consciente, no solo de la importancia de una adecuada 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.

En Brasil recientemente se reportó un 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. maceillaria* y *C. albiceps* (de Almeida Valviesse y col., 2014).

En República Dominicana, se describió otro caso en humanos, un viajero de 26 años de edad, quien se presentó en el hospital con otalgia y otorrea sangrienta, después de retornar de unas vacaciones donde se expuso al gusano barrenador, probablemente durante una siesta en la playa. Se identificó larvas de *C. hominivorax* por las características anatómicas de las larvas y el paciente se pudo tratar a tiempo (LaCourse y col., 2015).

4.5 VARIABILIDAD Y ESTRUCTURA GENÉTICA

Es un importante componente en la delimitación de regiones y escalas geográficas adecuadas para programas de control el estudio de la estructura genética de las especies que son consideradas plagas (Tabachnick y Black, 1995).

Marcadores citogenéticos han sido utilizados para caracterizar la variabilidad genética y la estructura de las poblaciones naturales de *C. hominivorax* (Azere-do Espin, 1987), también se han usado isozimas (Infante Malachias, 1999), RAPDs (Infante Malachias y col., 1999), RFLP y PCR-RFLP del DNAm_t (Lyra y col., 2009) y microsatélites (Torres y Azeredo Espin, 2009). De este modo, se ha concluido que la mosca de la “bichera” es una especie con alto grado de polimorfismo, sin embargo, las divergencias poblacionales estimadas están de acuerdo con los valores observados y aceptados para el nivel infra-específico (Coronel, 2011).

Los estudios más concluyentes realizados por Lyra y col. (2009) indican que las poblaciones de *C. hominivorax* están más diferenciadas en la región del Caribe, y presentan reducida variabilidad en América del Sur. En uno de los únicos trabajos que incluyen muestras de toda la distribución actual de *C. hominivorax* realizado por Lyra y col. (2009) se ha observado un padrón de diferenciación poblacional moderado en esa escala geográfica. En el trabajo en cuestión, los mayores niveles de diferenciación fueron observados entre las poblaciones de la región del Caribe, en cambio en las poblaciones continentales fueron bajos los niveles de diferenciación. Los autores concluyeron entonces que las poblaciones de las islas del Caribe se hallan aisladas geográficamente por el Mar del Caribe y que factores históricos, como la expansión demográfica y espacial podrían ser la causa de la reducida diferenciación en América del Sur (Coronel, 2011).

Los marcadores microsatélites, al igual que con los resultados encontrados con PCR-RFLP mitocondrial, indicaron reducidos niveles de diferenciación poblacional en América del Sur y estructuración en la región del Caribe (Torres y Azeredo Espin, 2009). Ninguno de los trabajos detectó una correlación significativa entre las distancias genéticas y geográficas en América del Sur, mostrando que el modelo poblacional de aislamiento por distancia (IBD, en inglés *Isolation By Distance*) no explica la distribución de la diversidad genética encontrada.

Fresia y col. (2011) realizaron un trabajo, en el cual el objetivo era investigar la variabilidad y estructura genética de las poblaciones de la mosca de la “bichera” en su distribución geográfica actual empleando secuencias de ADN mitocondrial, donde los resultados indicaron que la diversidad genética está distribuida en cuatro grupos regionales principales, los cuales corresponden a Cuba

(CG), República Dominicana (DRG) y norte y sur de la región Amazónica (NAG e SAG).

Estos resultados señalan que la distribución de la diversidad genética para *C. hominivorax* fue principalmente moldada por eventos históricos, colonización de las islas del Caribe a partir del continente, vicariância (mecanismo evolutivo en el cual ocurre fragmentación de una área biótica y separación de poblaciones por barreras debido a cambios geológicos y climáticos) en la región amazónica y expansión poblacional. De ese trabajo los autores señalan que la diversidad genética de *C. hominivorax* en América del Sur está estructurada en dos grupos de poblaciones que se distribuyen al norte (NAG) y al sur (SAG) de la región Amazónica e insinúan que los mismos se separaron recientemente. También sugirieron que la floresta Amazónica debe actuar como barrera al flujo génico en esa especie.

La historia demográfica revela que la especie *C. hominivorax* atravesó un proceso de expansión poblacional que empezó a aproximadamente 20 a 25 mil años atrás. Probablemente el proceso demográfico de expansión poblacional es responsable por la baja diferencia entre las poblaciones dentro de los grupos de América del Sur, así como de la ausencia de correlación genética y geográfica en la región Sur del Amazonas. La expansión poblacional en cuestión no borra el padrón de estructura geográfica en la escala continental. Dicho padrón de distribución de la variabilidad genética sugiere que la región del Caribe, el Norte y el Sur de Amazonia podrían ser considerados unidades independientes, o que tienen importancia en la discusión y planificación de futuros programas de control de esta plaga en la región (Fresia y col., 2011).

4.6 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Cochliomyia hominivorax es originario de las regiones tropicales y subtropicales del continente Americano; hasta antes del 2004, la mosca de la “bichera” estuvo distribuida desde el Centro y Sureste de los Estados Unidos, México, Centro América, Panamá, Islas del Caribe y toda Sudamérica (FAO, 2011). En la actualidad, el GBG se encuentra presente de forma endémica en América del Sur, a excepción de Chile, y en algunos países del Caribe (Cuba, República Dominicana, Haití, Trinidad y Tobago y Jamaica) (Bajatta, 2007; Robinson y col., 2009; Rodríguez y col., 2011). La altitud máxima reportada para la presencia de la mosca es los 2100 msnm según la CFSPH (2007). Como efecto de la globalización, la mosca de la “bichera” fue detectada en Libia en 1988; sin embargo, por la oportuna intervención epidemiológica fue erradicada en 1991 (Ortiz, 2005).

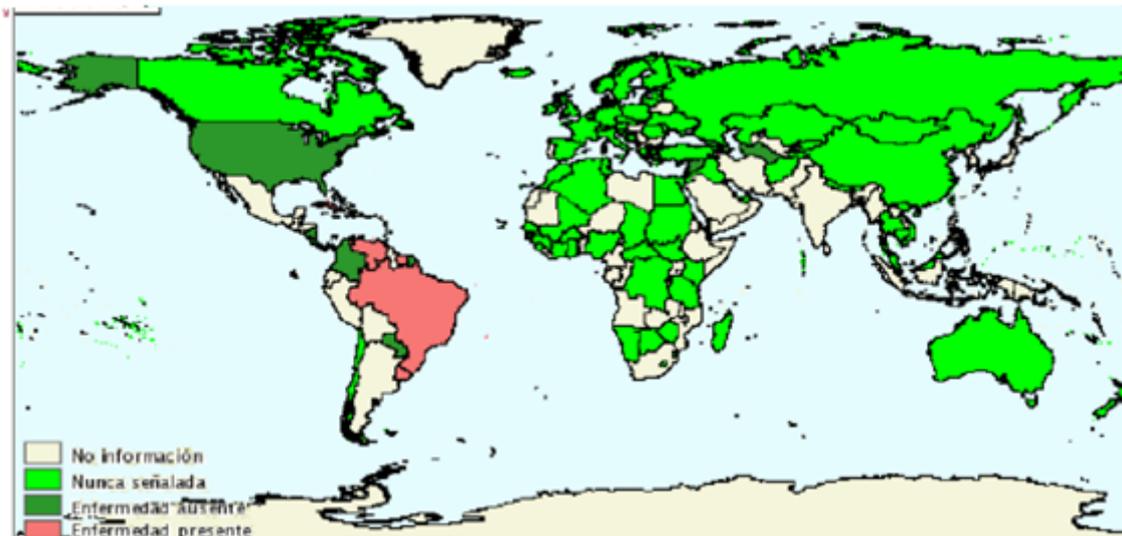


Figura 5: Mapa de distribución de *Cochliomyia hominivorax*. Fuente: WAHIS, 2016.

4.7 ECOLOGIA

Climas cálidos y húmedos han sido asociados con la abundancia poblacional de la mosca de la “bichera”, por otra parte, climas secos, tanto fríos como calientes, con una reducida actividad poblacional (Coronado y Kowalski, 2009). Esta razón de que el clima ejerce tal influencia en la abundancia de la especie está implícita en la naturaleza estacional de las miasis en los animales domésticos (Hightower y col., 1966). El ecotono entre bosques y pasturas ha sido identificado como el hábitat de mayor actividad de poblaciones de la mosca de la “bichera” (Phillips y col., 2004).

La especie *C. hominivorax* tiene sitios distintos de alimentación, apareamiento y oviposición. Observaciones de campo y experimentos en que el hábitat fue reproducido artificialmente indican que las moscas recién emergidas procuran a los bosques para alimentarse y descansar (Thomas, 1991), prefiriendo árboles florecidos. Datos de identificación, liberación y recaptura muestran que las hembras prefieren el hábitat con bosques, pero procuran por hospederos donde ovipositar en áreas abiertas de pasturas próximas (Thomas y Mangan, 1989). Phillips y col. (2004), en un estudio de la distribución en regiones de floresta tropical en Panamá, concluyeron que *C. hominivorax* es más abundante en bosques semi abiertos y bordes de florestas, así como en transiciones entre las estaciones húmeda y seca. Estos autores también encontraron diferencias significativas de abundancia entre sitios dentro de un mismo hábitat, mostrando la sensibilidad de esta mosca a las variaciones micro ambientales.

El parasitismo de este díptero no representó una amenaza seria a la sobrevivencia de los mamíferos silvestres nativos que muy probablemente pudieron haber sido los hospederos originales *C. hominivorax*, manteniendo así un apropiado balance ecológico (Ribeiro Silveira, 1991). No obstante, la introducción de mamíferos domésticos desde el Viejo Mundo ha permitido la multiplicación de hospederos susceptibles a la miasis por *C. hominivorax*.

Por ejemplo, Richardson y col. (1982) relatan que, en el suroeste de los Estados Unidos de América, las pasturas escasas en el invierno y su posterior cre-

cimiento en primavera regulaban los ciclos estrales del ganado bovino nativo, así que éstos parían poco después de finalizado el invierno, cuando los adultos *C. hominivorax* hasta ahora retornaban de las áreas de sobrevivencia al invierno o mientras la población local de la mosca de la “bichera” aún era reducida. Sin embargo, los rodeos cruzados permitieron nacimientos en cualquier época del año, de tal manera que los sitios de oviposición fueron constantemente disponibles y la mosca de la “bichera” empezó a reemplazar al principal depredador de los terneros recién nacidos, el lobo de las praderas *Canis lupus*. Aunque en este punto es apropiado mencionar que *C. hominivorax* no es un depredador debido a que se requieren reinfestaciones sucesivas y la ausencia de un tratamiento adecuado y oportuno para provocar la muerte del hospedero. En diferentes ocasiones se ha concluido que la mosca de la “bichera” no se distribuye uniformemente en la naturaleza (Brenner, 1985).

De similar forma que ciertos rumiantes domésticos y silvestres, la mosca de la “bichera” está asociadas ecológicamente con cursos de agua, lo que beneficia la proximidad de las poblaciones de este parásito con sus hospederos (Richardson y col., 1982). De todas maneras, para encontrar un animal herido, las moscas de *C. hominivorax* han desarrollado quimiorreceptores muy sensibles, especialmente a aquellas heridas ya infestadas con larvas de dicho díptero (Moya-Borja, 2003).

Entre 100 y 200 moscas por milla cuadrada es la densidad de las poblaciones naturales de los adultos de este parásito encontradas en la naturaleza (Bush y col., 1976), sin embargo, en un estudio realizado en Texas alcanzó hasta 500 moscas por milla cuadrada y, en otra investigación, también en Texas, se encontró que entre el 50 al 90% de las formas adultas de la mosca de la “bichera” probablemente se originaron en animales silvestres (Lindquist, 1955). Es probable que la baja densidad poblacional se explique por una distribución dispersa y no concentrada de las pupas *C. hominivorax*, ya que las larvas, al abandonar el hospedero, caen distantes unas de otras, impidiendo su agregación en el suelo (Ribeiro Silveira, 1991).

Empero Krafur y col. (1987) afirman que las poblaciones de la mosca son altamente agregadas, en relación con sus hospederos potenciales, y a nivel local pueden ser bastante numerosas, si bien demuestran una enorme propensión a la dispersión en ambientes semiáridos. Conclusiones de investigaciones realizadas por Hightower y col. (1966) donde la mosca de la “bichera” sobrevivía al invierno en las zonas templadas de Estados Unidos al desplazarse hacia zonas más cálidas a una tasa de 56 km/semana, en donde se ha establecido el rango de dispersión máxima en 290 km, pero a partir de modelos matemáticos y distribuciones probabilísticas; otro autor Luna y col. (2002) expresan que la distancia de dispersión estimada en hábitats tropicales no suele superar los 4 km debido a que la actividad de vuelo exige un gran gasto de energía, las moscas utilizan el néctar de las flores como fuente de carbohidratos (Brenner, 1985).

De cualquier manera, dado que la disponibilidad de heridas en mamíferos es inestable, lo que obliga a la dispersión de estas moscas, se ha determinado que las densidades de su población muestran un comportamiento de ‘explosión y depresión’ con una continua superposición de generaciones, lo que convierte a este parásito en un colonizador de estrategia ‘r’ (Krafur y Lindquist, 1996). La estrategia ‘r’, dentro del contexto de regulación ecológica, es utilizada por especies con hábitats de corta duración, con elevadas tasas de crecimiento

poblacional y con elevada capacidad de dispersión, en oposición a la estrategia 'k' donde las especies están adaptadas a hábitats estables, con poco aumento de la población y una enorme cantidad de energía destinada al cuidado de la prole. En este sentido, se ha señalado que una alta población de estas moscas se encuentra en los bordes de los bosques con una elevada concentración de animales domésticos (Moya-Borja, 2003).

Para Phillips y col. (2004) varios autores han indicado que la mosca de la "bichera" es más numerosa en áreas utilizadas por el ganado bovino, y que, a diferencia de las zonas templadas de Estados Unidos, en áreas tropicales las poblaciones de la mosca de la "bichera" existen durante todo el año, siendo la lluvia y el hábitat los principales factores que afectan su distribución y actividad. Otro autor, McGraw (2001), sintetiza estudios efectuados en Costa Rica que expresan la preferencia de la mosca de la "bichera" por las áreas densamente boscosas en comparación con las praderas abiertas, donde las áreas de mayor actividad fueron los bosques secundarios con árboles de 20 a 30 metros de altura, y donde la temperatura promedio registrada para este tipo de vegetación es de 25° C, la cual es también la temperatura óptima para *C. hominivorax*.

Según Snow y col. (1985) la mosca de la "bichera" está presente en números significativos en todas las regiones de América Central, menos en las montañas muy altas con temperaturas nocturnas por debajo de los 10° C y algunas zonas muy secas de las costas. Dicho estudio coincide con la afirmación de que los ejemplares de este díptero son raros por encima de los 2.000 metros de altitud en las áreas tropicales y subtropicales de América (OIE, 2004). Norris (1963) relata que la mosca de la "bichera" limita su vuelo durante la noche y descansa sobre las ramas de arbustos o árboles de dosel bajo que se encuentran a lo largo de riachuelos y cercano a los corrales de ganado, mientras que su actividad de vuelo se deprime con vientos que sobrepasan los 8 km/hora y se inhibe completamente con vientos de 24 km/hora. Sin embargo, el clima puede afectar el efecto de atracción de una herida sobre las moscas hembra *C. hominivorax*, ya que durante los intervalos lluviosos una herida persiste húmeda y atractiva a este díptero por un tiempo prolongado, mientras que durante los períodos secos la herida se deseca rápidamente y se forma una costra que la hace no atractiva para la oviposición en pocas horas (Spencer y col., 1981). Así, Krafusur y Lindquist (1996) recurren a algunos estudios para indicar que el clima húmedo y caliente se asoció con poblaciones abundantes de la mosca de la "bichera", mientras que el clima frío y seco o caliente y seco estaría relacionado con una menor actividad en el norte de México, Texas y Arizona.

Los huevos y las larvas de la mosca de la "bichera" son protegidos de las bajas temperaturas por sus hospederos, pero en el suelo el clima restringe la sobrevivencia de las pupas y los adultos.

Adams (1979) en condiciones de laboratorio a temperaturas constantes demostró que las moscas adultas murieron antes de desarrollar huevos maduros a una temperatura de 12,3° C o menos y mayor de 43,3° C.

A una temperatura de 10° C las moscas murieron 30 días luego de la emergencia de las pupas y a 12,8° C no sobrevivieron por más de los 40 días, de manera que el rango óptimo de temperatura, en estas condiciones, se encuentra entre 21,8° C y 37,8° C, mientras que los límites superior e inferior subóptimos son de 40,6° C a 47,2° C y de 12,3° C a 18,3° C. En otra investigación, las pu-

pas de *C. hominivorax* fueron mantenidas a una temperatura constante de 5° C por al menos 30 días, obteniendo una emergencia del 70% al ser transferidas a una temperatura permisiva para su desarrollo (Krafsur y Lindquist, 1996).

De todas formas, en la naturaleza las temperaturas oscilan durante el transcurso del día y así el desarrollo procede cuando se presentan los intervalos de temperatura permisiva. De esta manera, se ha observado que el desarrollo de las pupas procede más rápido a intervalos de temperatura promedio de 25 a 30° C, teniendo en cuenta la aceptación general de que las pupas *C. hominivorax* mueren a la desecación en suelos secos y cálidos (Krafsur y Lindquist, 1996).

En otro orden de ideas, el interés de las sustancias químicas implicadas en los estímulos del comportamiento de búsqueda de hospedero y oviposición por parte de la mosca de la “bichera”, procede de su potencial uso en el monitoreo de poblaciones de campo y el incremento de estrategias de control para este parásito (Hammack, 1984)

Es muy probable que el efecto atrayente de las heridas abiertas de los mamíferos o del hígado de bovino en descomposición utilizado como cebo se deba a compuestos orgánicos generados por bacterias que rápidamente colonizan estos ambientes (DeVaney y col., 1973). Erdmann y col. (1984) afirman que *Proteus mirabilis* y *Providencia (=Proteus) rettgerison* microorganismos codominantes de la flora intestinal de las larvas de *C. hominivorax* y de los fluidos de heridas de animales infestados, donde el primero produce un metabolito secundario, llamado ‘mirabilicida’, con acción bactericida contra bacterias Gram negativas y Gram positivas, en tanto que el segundo podría producir una sustancia que atrae a las hembras grávidas de este parásito a la herida.

De esta forma, a medida que las larvas se alimentan en la herida, los microorganismos presentes en el fluido de los tejidos del hospedero pasan a través de la sección ácida del intestino medio de las larvas y son destruidos, constituyéndose un proceso continuo de ingestión y desinfección que explica la no purulencia de las heridas infestadas por la mosca de la “bichera”. Los compuestos del ‘mirabilicida’, ácido fenilacético y fenilacetaldehído (Erdmann y Khalil, 1986; Sherman y col., 2000), convierten a estas bacterias en endosimbiontes de *C. hominivorax* al controlar el microambiente interno y externo de las larvas que se alimentan de los tejidos, inhibiendo el crecimiento de las bacterias que de otro modo podrían competir con las larvas o hacer la herida inadecuada para estas (Erdmann, 1987). Chaudhury y col., (2002) encontraron que la sangre bovina inoculada con bacterias e incubada por 48 a 72 horas produjo químicos volátiles que atrajeron a hembras grávidas de la mosca de la “bichera” y las estimularon a ovipositar luego del contacto y la alimentación con el sustrato. Estos autores también indican que las moscas de *C. hominivorax* ovipositan en respuesta a olores provenientes de carbonato de amonio, dieta artificial gastada de larvas de la mosca de la “bichera” y cultivos de una variedad de bacterias. También, a partir de las observaciones que indican que las moscas de *C. hominivorax* tienen una fuerte orientación de vuelo hacia una fuente atrayente y que se congregan a sotavento del cebo, se diseñó una trampa orientada por el viento utilizando la orientación de las moscas hacia el atrayente (Broce y col., 1977). Sin embargo, se debe tener en cuenta que el número de moscas capturadas con trampas, en cualquier lugar, dependerá en parte de la edad de las moscas, es decir, de la proporción de la población fisiológicamente sensible a los atrayentes químicos (Brenner, 1985). En relación con lo expuesto, se ha advertido que algunos factores que influyen el éxito de la captura de moscas

de la “bichera” en diferentes puntos dentro de un mismo hábitat son la proximidad del hospedero, la velocidad y dirección del viento, la densidad de la vegetación y las plantas con flores, donde los primeros dos son factores dinámicos que podrían variar en una escala temporal corta (Phillips y col., 2004).

4.8 SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA DE *Cochliomya hominivorax* EN EL URUGUAY

Se registra la presencia de *C. hominivorax*, proporcionada las características climáticas del país, situado en la región templada, entre los paralelos 30° y 35° S y los meridianos 53° y 58° O, y la abundancia de praderas subtropicales en una topografía ligeramente ondulada. Dada tales circunstancias estos dípteros se pueden trasladar hasta 300km en 15 días, lo que hace entender su extensa distribución y rápida dispersión. La mosca en su estado adulto se “ausenta” en los meses invernales para reaparecer en primavera, pudiendo extenderse en más o menos según las condiciones climáticas anuales desde octubre hasta abril y tiene varias generaciones en un año (Petraccia, 1994).

Con el propósito de averiguar incidencia, la prevalencia y la importancia, la Facultad de Veterinaria efectuó los siguientes estudios entre 1987 y 1988:

- a) Con cooperación de Veterinarios que trabajaban en el medio, se analizaron en total 111 muestras con 1845 larvas 3 (fig.7), determinándose que se recolectaron 31,06% y 68,94% de bovinos y ovinos, respectivamente, y del total surge que 87,8% correspondía a *C. hominivorax*, 5,63% a *C. macellaria* y 6,55 % a *Chrysomya albiceps* (Carballo y col., 1990).

El material en su mayoría se extrajo de lesiones que correspondían a pezuña y patas de ovinos y ombligos de bovinos. Es de importancia que las colectas provinieron de los 19 departamentos del país.

- b) Mediante una encuesta epidemiológica realizada a 382 productores, se reveló que todos los establecimientos presentaron problemas de miasis, con prevalencias de 4,5% (1,3 a 9,5) en bovinos y de 6,2% (2,5 a 14,6) en ovinos, difiriendo según las zonas, y una letalidad de 4,5% y 18,5% en bovinos y ovinos, respectivamente (Carballo y col., 1991).

En 1999, el MGAP a través de la Dirección General de Servicios Ganaderos, también por medio de una encuesta, determinó una prevalencia de 19% en terneros y 14% ovinos (Gil, A., comunicación personal, 2010).

En una encuesta realizada por la Dirección Contralor de Semovientes (DICOSE) en el año 2000, 52% de los 10430 productores pecuarios indicaron a la miasis como una de las más trascendentes afecciones. Todavía en ese mismo año, el Censo agropecuario reveló que el 68% de los bovinos y el 78% de los ovinos estaban en riesgo de padecer esta parasitosis.

Más tarde en 2006, un estudio sobre el efecto *C. hominivorax* en la producción nacional incluyendo 530 productores pecuarios seleccionados al azar reveló que existe una variación estacional muy importante en la presencia del agente,

mínima en los meses invernales y máxima en los de verano, y la prevalencia estimada para ovinos fue 5,7% y 3,4% para bovinos, con mortandades de 1,25% y 0,06 %, respetivamente.

En este estudio también se detectó 0,07 % de humanos afectados por miasis causada por *C. hominivorax*. (Muzio y col., 2009).

Las encuestas anteriores dieron como resultado similar tendencia en la evolución de las prevalencias (fig. 8) y se corroboró la mayor incidencia en ovinos que en bovinos.

Dentro del Programa Demostrativo de Control y Establecimientos de las Bases para un Futuro Programa de Erradicación del GBG en Países del Mercosur, procesaron 971 muestras durante 13 semanas de desarrollo, las mismas fueron positivas a gusano barrenador del ganado, mientras que un 10,8 % presentaron miasis mixtas con géneros como *C. macellaria* entre otras (Valledor y col., 2009).

Durante el mismo proyecto se identificó 14758 larvas, con 13682 (92,7%) positivas a gusano barrenador del ganado y 1076 (7,3 %) negativas. En relación a las especies animales positivas, 80,74% de las muestras eran de ovinos, 14,93 % de bovinos, 0,51 % de equinos y 0,22 % de porcinos que 3,6 % carecían de datos de la especie (Valledor y col., 2010).

Al mismo tiempo se hicieron estudios morfológicos para identificar el instar que estaba parasitando al recolectar la muestra; de las 14758 larvas remitidas al Laboratorio de Parasitología de Facultad de Veterinaria, se diagnosticaron 621 (4,53 %) como instar 1, 2296 (16,78 %) como instar 2 y 10765 (78,68 %) como instar 3 (Petraccia y col., 2009; Valledor y col., 2010)

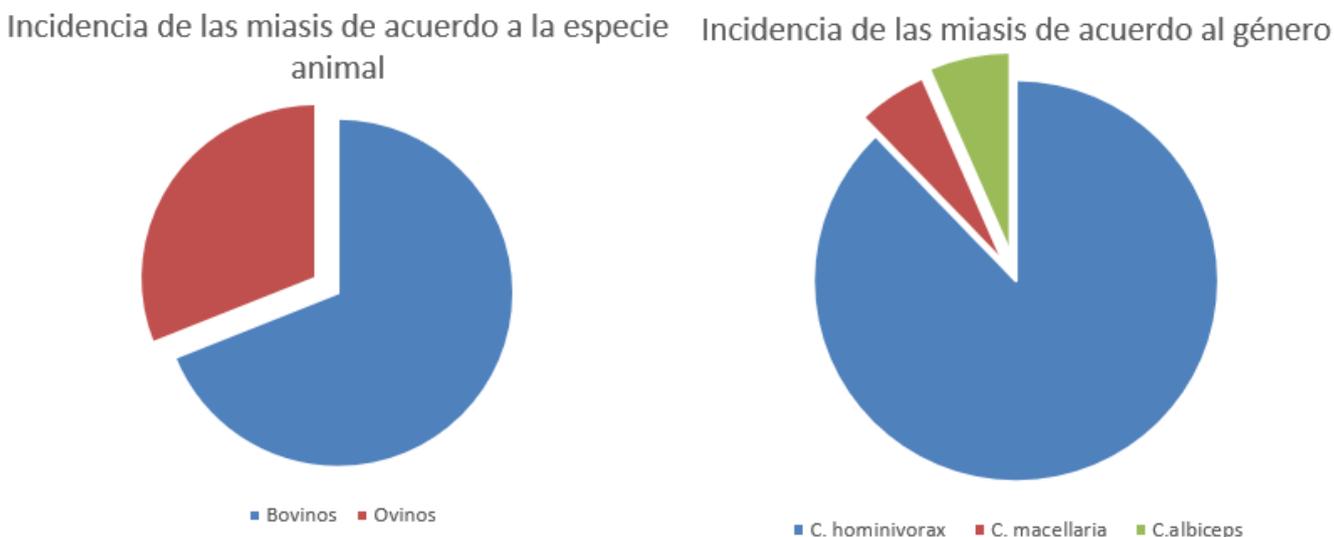


Figura 6: Incidenca de las miasis de acuerdo a la especie animal y con los géneros 1) *C. hominivorax*.2) *C. macellaria*.3) *C. albiceps* (Carballo y col., 1990).

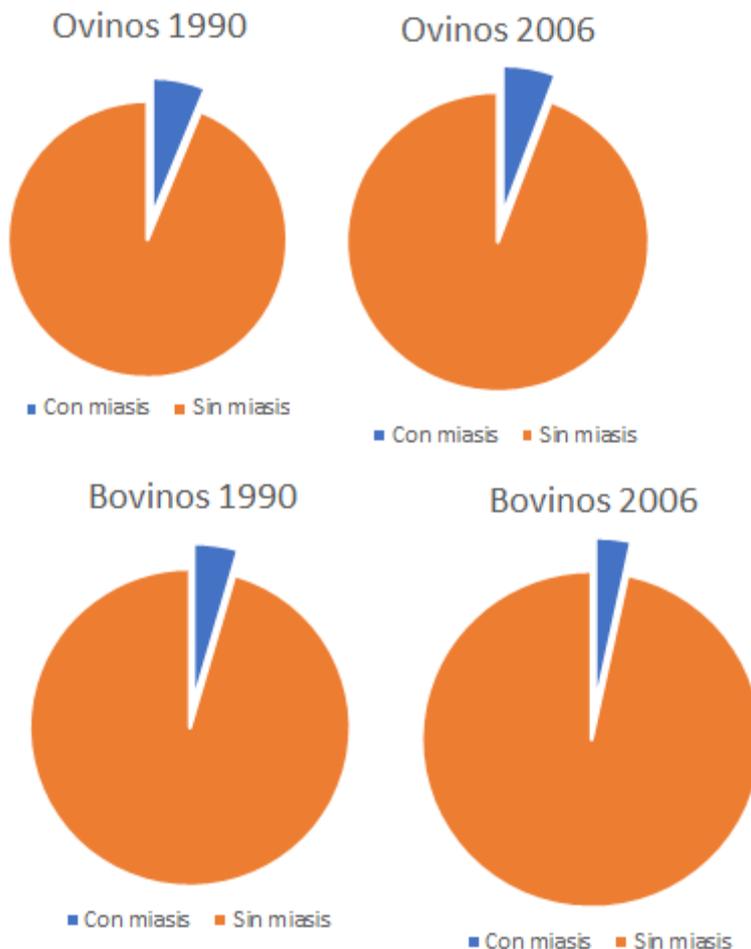


Figura 7: Evolución de las prevalencias de miasis en ovinos y bovinos.

En referencia al tema genético en el Uruguay se han realizado investigaciones relativos a la variabilidad de las poblaciones de *C. hominivorax* presentes en el país y comparada con perfiles de la región, encontrándose en principio perfiles diferentes. Estos estudios se realizaron con material de animales infectados (hembras y larvas) proveniente de siete poblaciones de seis lugares del país ubicados entre los paralelos 32°-35° lat. S y 54-58° Long. O (Lyra y col., 2005; Torres y col., 2007, Fresia y col., 2007).

Considerando el clima y el sistema de producción del país, se puede deducir que más del 70% de los bovinos y ovinos están en riesgo de padecer esta parasitosis, pero la prevalencia encontrada está en el entorno del 4 %.

4.9 CONTROL

Tanto en la pecuaria como en la agricultura el control de la población de especies plagas utilizando insecticidas es la estrategia convencional (Vargas Terán y col., 2005). Pero muchas veces este tipo de control al ser aplicado de forma independiente por cada productor de acuerdo a sus necesidades suele ser de corto plazo y sin ningún programa coordinado.

La aplicación de insecticidas puede llegar a seleccionar líneas de insectos resistentes (Hemingway y Ranson, 2000). Efectivamente Silva y col. (2009) identificaron mutaciones correlacionadas con resistencia a algunos insecticidas en

poblaciones de Brasil y Uruguay en *C. hominivorax*. También cabe resaltar y es de importancia que este tipo de control puede acarrear otros inconvenientes como la contaminación del ambiente (Porretta y col., 2007) y el acúmulo de residuos químicos tales como organofosforados y piretroides en la carne y en la leche (Nolan y Schnitzerling, 1986; Coronel, 2011).

La sociedad moderna ha demandado tecnologías de control de plagas que no sean solamente eficientes, sino también sustentables y ambientalmente seguras (Mastrangelo, 2011). En este sentido, la adopción de programas de control con mayor especificidad en una escala geográfica apropiada ha sido destacada como una alternativa más adecuada respondiendo de cierta forma a la necesidad de reducir el uso de productos químicos (Porretta y col., 2007).

Dentro de los programas de control aplicados a *C. hominivorax*, se destacan el “Manejo Integrado de Plagas” (MIP) y la “Técnica del Insecto Estéril”, que serán abordados a continuación.

Manejo Integrado de Plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) se fundamenta en un “sistema de decisión para el empleo de tácticas de control aisladas o asociadas armoniosamente, en una estrategia de manejo basada en un análisis de costo/beneficio teniendo en cuenta el interés e impacto en la sociedad y en el ambiente” (Kogan 1998). Para elaborar un programa de MIP debemos seguir las siguientes etapas básicas: reconocimiento de las plagas claves (identificación taxonómica y bionomía), determinación de los niveles de daño económico y de control, muestras poblacionales, determinación de la dinámica poblacional y evaluación de los métodos de control.

Es importante mencionar que, en las últimas décadas, el MIP permaneció como prototipo dominante de control de plagas (Kogan, 1998). El control de todas las poblaciones en un área geográfica delimitada es necesario para un manejo eficiente de una plaga, dicha área debe contar con un tamaño mínimo suficientemente grande para que la dispersión natural solo ocurra dentro de este mismo espacio geográfico (Klassen y Curtis, 2005). Knipling (1972) demostró que es suficiente la sobrevivencia de una pequeña fracción de población (1% de la población original) para que en pocas generaciones (aproximadamente cuatro), la plaga recupere la densidad capaz de causar daños económicos.

De esta manera, para desarrollar estrategias efectivas de control de una plaga es sumamente importante el conocimiento de la estructura poblacional, de los padrones de flujo génico, así como de la tasa de dispersión (Tabachnick y Black, 1995).

En áreas extensas, para evitar que potenciales emigrantes sean capaces de restablecer infestaciones en áreas de interés, el manejo integrado de esas plagas representa una estrategia alternativa enfocada en el manejo preventivo de las poblaciones de esos agentes en todos los hábitats del ecosistema interés (Klassen y Curtis, 2005).

Con el objetivo de obtención de masa de huevos y larvas para estudios de fluctuación estacional de adultos y monitoreo poblacional se pueden utilizar animales centinelas, trozos de hígado deteriorado o trampas con atractivos artificiales para captura de adultos (Hall y Wall, 1995).

El Screwworm Adult Suppression System (SWASS), el manejo preventivo del rebaño, el control químico, o control biológico y la Técnica de Insecto Estéril

pueden citarse como componentes de las estrategias de supresión o erradicación (Mastrangelo, 2011).

Varios tipos de casos de miasis pueden ser totalmente eliminados con mejoras del manejo sanitario del rebaño. Los productores pueden reducir los costos de remedios y mano de obra, pérdidas en la ganancia de peso y en la calidad del cuero, además de la muerte de los animales utilizando todos los medios de prevención contra las infestaciones. Se debe evitar producir heridas innecesarias durante el manejo de los animales como castraciones, marcaciones, descornes y el nacimiento de terneros pueden ser programado para las épocas de bajo parasitismo.

El control biológico de la “bichera” no constituye el factor primordial en la reducción de las poblaciones de la mosca. En Estados Unidos, antes de la erradicación, en un intento de reducir la población de esta plaga se liberaron grandes cantidades del braconídeo *Alysia ridibunda*, creados en laboratorio y se obtuvo el éxito deseado (Moya-Borja, 2003).

Como control químico, son extensamente utilizados organofosforados (coumaphos, ronnel, chlorpyrifos, chlorfenvinfos, trichlorfon, diclorvós), además de los endectocidas de acción residual, como avermectinas (doramectina e ivermectina) y, por último, la moxidectina (Moya-Borja, 2003).

Técnica del Insecto Estéril

Debido a las crecientes restricciones en cuanto a la presencia de residuos de agrotóxicos en la carne, leche y en el ambiente, además del surgimiento de líneas resistentes de insectos, como ocurrió con la especie *Lucilia cuprina* (Diptera: Calliphoridae) en Australia (Levot, 1995), viene ganando destaque otro método de control, la llamada Técnica del Insecto Estéril (TIE). En 1934, el Agricultural Research Service del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ARS) inauguró una estación de investigación en Georgia, Texas. Más tarde en 1936, Melvin y Bushland desarrollaron una dieta artificial y técnica de colonización de la mosca de la “bichera” (Melvin y Bushland, 1936).

Knipling y Bushland (1937), presentaron una teoría autocida para la supresión de poblaciones de *C. hominivorax*. Sin embargo, debido a la Segunda Guerra Mundial toda la investigación fue interrumpida. Después de la Guerra, en 1947, reapareció el interés por la erradicación de *C. hominivorax* y por lo que se volvería más tarde la Técnica del Insecto Estéril (TIE) (Wyss, 2000).

En 1927 Hermann J. Muller había relatado la inducción de mutaciones letales dominantes en el sistema reproductivo de *Drosophila sp.* por rayos X. Luego en 1946, Arthur W. Lindquist resaltó el hecho de que Muller con esa experiencia había descrito un medio para esterilizar insectos. Entonces Bushland y Hopkins (1951) realizaron las primeras irradiaciones de *C. hominivorax* en el sector de terapia con rayos X del Hospital Brooke Army y demostraron que, cuando pupas de seis días de edad eran expuestas a 50 gray de rayos X, las moscas adultas que emergían eran estériles y podían competir igualmente contra las moscas no irradiadas.

Entre 1951 y 1953 se realizó el proyecto piloto en la isla Sanibel (47 km²), a cuatro kilómetros de la costa de Florida, usando inicialmente moscas marcadas para un experimento de liberación y recaptura. El porcentaje de masas de huevos radioactivos también fue evaluado.

Las moscas fueron producidas en el laboratorio de ARS en Texas. Los resultados coincidieron con los estudios de laboratorio y, luego de apenas ocho semanas de liberaciones (aproximadamente 39 machos estériles/km²/semana), 100% de las masas de huevos colectadas de los animales centinela eran estériles. Así mismo, la erradicación no fue lograda debido a reinfestaciones incesantes provocadas por moscas fértiles provenientes de tierra firme (Baumhover y col., 1955; Mastrangelo, 2011).

Para experimentar la viabilidad de la TIE de una forma más concluyente, fue iniciado un test de erradicación en la isla de Curazao (área de 435 km²), ubicada a 6,5 km de la costa de Venezuela. Las moscas fueron producidas en una biofábrica de Florida (EE.UU.) y las pupas irradiadas fueron acondicionadas en sacos de papel, remitidas por avión para Curazao y liberadas dos veces por semana. Los machos estériles empezaron a ser liberados (aproximadamente 155 machos estériles/km²/semana) en agosto de 1954 y la erradicación fue lograda en apenas 43 semanas (Baumhover y col., 1955). De acuerdo con la International Plant Protection Convention (FAO, 2005), la TIE es en la actualidad definida como un “método de control de plagas usando liberaciones inundativas de insectos estériles en área amplia visando a reducir la fertilidad de una población salvaje de la misma especie”.

Al realizar la transferencia de esperma con mutaciones letales dominantes (inducidas tradicionalmente por radiaciones ionizantes) las hembras salvajes la generación siguiente es inviabilizada (Mastrangelo, 2011). Esencialmente, se puede decir que la TIE es compuesta por tres etapas: producción en masa de la especie objetivo, esterilización de insectos y liberación al campo.

Son imprescindibles investigaciones preliminares antes de la ejecución de cualquier programa que integre la TIE, como determinación de tipos de dieta, de la dosis óptima de esterilización (que no comprometa la competitividad de los adultos en el campo), distribución y densidad de plaga en el ambiente, estudios de ecología, etología, de compatibilidad sexual de linajes, entre otros (Dyck y col, 2005).

La implantación de una tecnología sin la debida preparación, adaptación y datos precisos de la situación local puede implicar la pérdida de la eficiencia del proyecto y el aumento de los costos en corto plazo (Vreysen y col., 2007).

Son de extrema importancia las investigaciones con dietas, ya que una vez mal elaboradas pueden afectar el desempeño de los estadios inmaduros y de los adultos (Cangussu y Zucoloto, 1997).

La nutrición de *C. hominivorax* es estudiada desde la década de 1930 (Chaudhury y col., 2002). Por lo tanto, el costo total del programa puede descender de manera significativa si se formulan dietas más baratas para la producción en masa. Con relación a la dieta para adultos, la sustitución de carne de caballo por huevo *spray dried* de miel por melaza, generó una economía de US\$ 100 mil anuales para la biofábrica de México (Chaudhury y col., 2002).

Bushland y Hopkins (1951) describieron que pupas dos días antes de la emergencia del adulto expuestas a dosis de 2.500 e 5.000 R (24,3 e 48,7 Gy) de rayos X originaban machos y hembras estériles, respectivamente, y que los machos estériles competían satisfactoriamente contra los no-irradiados en las jaulas del laboratorio. Con el desarrollo de fuentes de rayos gama por Atomic Energy Commission (E.U.A.), Bushland y Hopkins (1953) pudieron efectuar experimentos comparando rayos X y gama, y concluyeron que ninguna dosis menor que 5.000 R (48,7 Gy) era capaz de producir 100% de esterilidad (lotes

con machos y hembras) y que era mejor esterilizar pupas con más de cinco días de edad. Veinte años después, Crystal (1979) reexaminó las dosis de esterilización buscando encontrar una combinación óptima entre dosis y edad del insecto

Cuando las pupas eran irradiadas 72 horas antes de la emergencia del adulto, la esterilidad de los machos irradiados con dos o más krad (20 Gy) era mayor que 95%, y la esterilidad de las hembras era 100% con una dosis de cuatro krad (40 Gy) (Mastrangelo, 2011).

La TIE no funciona cuando las líneas del insecto estéril y del salvaje son incompatibles sexualmente (Dyck y col., 2005). Buscando explorar esta potencial limitación, se iniciaron varios estudios buscando verificar el grado de variabilidad inter e intrapoblacional de *C. hominivorax* de diferentes localizaciones geográficas.

Estudios preliminares con “*isozyme loci*” afirmaron que *C. hominivorax* debe formar una única población panmítica en las Américas (Lessinger y Azeredo Espin, 2000).

Infante Malaquias y col. (1999) sugirieron que la América del Sur, puede ser en verdad, el centro de origen de la especie. Utilizando marcadores moleculares como mtDNA y microsatélites, fueron encontradas pequeñas diferencias entre poblaciones en Uruguay y en Brasil (Torres y col., 2007). Aunque, todavía se requiere de más estudios que investiguen los resultados de los cruzamientos entre esas poblaciones en laboratorio y en el campo.

Fue constatada la incompatibilidad entre líneas estéril y salvaje de *C. hominivorax*, con los machos salvajes rechazando las hembras estériles (IAEA, 2006).

No en cualquier condición de campo la TIE puede ser transferida directamente. La misma debe ser adaptada a la ecología y a las condiciones socio económicas de cada situación (Mastrangelo, 2011). Algunos países de América como nuestro país y Venezuela, ya mostraron interés por TIE (IAEA, 2000). En cambio, no existen todavía estudios completos sobre la viabilidad económica de un programa de erradicación de *C. hominivorax* para toda América del Sur, más allá de haber sido estimado que los beneficios alcanzados serían en la orden de US\$ 2,8 billones/año.

Otro país que tuvo en cuenta la posibilidad de erradicar a *C. hominivorax* fue Brasil, sin embargo, numerosos elementos todavía necesitan ser conocidos para que resulte eficiente un programa de control.

Estudios sobre la distribución, la abundancia de la “bichera” y de los hospederos salvajes en la región amazónica necesitan ser enfatizados, pues *C. hominivorax* puede ser un parasito regulador de las poblaciones de animales salvajes. Pero además estudios sobre genética, ecología y etología son fundamentales para la aplicación de la TIE en el Brasil (Moya-Borja, 2003)

En General los esfuerzos para optimizar las técnicas de producción de moscas estériles deberán ser continuos, a través de estudios aplicados que garanticen la calidad de los insectos, mejores substratos para manutención de colonias viables en laboratorio, desenvolvimiento de nuevas técnicas para reducir los costos, para que, esos factores aliados pudieran garantizar éxito de las campañas de erradicación de *C. hominivorax* a lo largo de las décadas (Mastrangelo, 2011).

Programas de erradicación contra *C. hominivorax*

En el año 1957, entre la primavera y el verano la “bichera” provocó grandes pérdidas a los ganaderos en el sudeste de los Estados Unidos. Ese mismo verano, Bushland y su equipo de investigación realizaron un proyecto piloto con moscas estériles en un área de 5.180 km² próxima de Bithlo, Florida. En este test, el número de casos descendió un 70% en el centro del área de test (Baumhover y col., 1959). Estos resultados motivaron la implementación de un programa de erradicación en el sudeste de los Estados Unidos en el período de 1957 a 1959 (Mastrangelo, 2011). La campaña dio partida en 1957 y fue beneficiada por el invierno de 1957- 1958, que fue uno de los más fríos y húmedos de la historia de Florida. Para maximizar tales condiciones, la producción de moscas estériles en la biofábrica de Bithlo aumentó de dos millones/semana para 14 millones/semana.

En 10 de julio de 1958, fue inaugurada otra biofábrica en Sebring, Florida, la cual, después de tres meses, paso a producir más de 50 millones de moscas estériles por semana. Los últimos dos casos relatados de miasis por *C. hominivorax* en el sudeste de los E.U.A. ocurrieron el 19 de febrero de 1959 y 17 de junio de 1959 y la especie fue dada como erradicada oficialmente del país en 1982 (Wyss, 2000).

Por el hecho de que sucedieron continuos brotes en los Estados Unidos entre 1972 e 1982, y el interés de los productores mexicanos, fue creado en 28 de agosto de 1972 la Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado (COMEXA), cuyos objetivos eran construir y operar una biofábrica y erradicar *C. hominivorax* hasta el istmo de Tehuantepec (190 km en comparación con los 2.400 km de frontera entre los E.U.A. y México) (Wyss, 2000).

En 1976, fue inaugurada en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, la biofábrica con capacidad de producir 500 millones de moscas estériles/semana. La campaña en México continuó utilizando moscas estériles de las biofábricas de Mission y de Tuxtla Gutiérrez hasta cuando la de Texas fue cerrada en 1982. El objetivo de COMEXA de erradicar la mosca de la “bichera” hasta el istmo de Tehuantepec fue alcanzado en 1984 (Wyss, 2000). Estudios posteriores revelaron que era más viable mantener la barrera biológica permanente entre el canal de Panamá y Colombia (donde serían necesarios 40 millones de insectos estériles/semana, comparados con los 150 millones para Tehuantepec), y, en 1985, el plan para la erradicación para América Central fue ejecutado (Wyss, 2000). México fue declarado oficialmente libre de *C. hominivorax* en 25 de febrero de 1991. Entre 1988 y 1994, fue ejecutada la erradicación en Guatemala y Belice. El Salvador y Honduras fueron declarados libres en 1995 e 1996, respectivamente. La campaña de erradicación duró de 1992 a 1998 en Nicaragua, y Costa Rica está libre desde el año 2000. Solamente en los picos de liberación en esos países, fueron liberados entre 24 e 120 millones de moscas estériles/semana. Para cubrir todo el Panamá hasta 2004, fueron necesarios casi 80 millones de moscas estériles/semana (tasa de 3.000 moscas estériles/km²) (Wyss, 2000).

Hasta pocos años atrás, la biofábrica de Tuxtla Gutiérrez producía cerca de 100 millones de insectos estériles/semana (Chaudhury y Skoda, 2007) y la Comisión Panamá-Estados Unidos para la Erradicación y Prevención del Gusano Barredor del Ganado (COPEG) mantiene actualmente liberaciones preventivas en el istmo de Darién, frontera con Colombia (área de 300.000 km²),

con gastos en torno de US\$ 10 millones por año (Mastrangelo, 2011). Los esfuerzos existen también para la erradicación en Jamaica e islas del Caribe, siendo que la primera inició una campaña en 1999, sin embargo no obtuvo el éxito pretendido debido a diversos factores, tales como la falta de conocimiento acerca de la variabilidad genética de *C. hominivorax* de una región para otra, mala calidad de los insectos, falta de compromiso de los integrantes del programa con la campaña, además de otros problemas que surgieron en el transcurso de la misma. Puerto Rico y Aruba están libres desde 1976 y 2005, respectivamente. En 1996, los beneficios anuales estimados solamente para los ganaderos de los E.U.A., México y América Central fueron, respectivamente, de US\$ 796, 292 y 77,9 millones (IAEA, 2008; Mastrangelo, 2011).

Proyectos contra *C. hominivorax* en América del Sur

En 2006, la Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrador del Ganado (COMEXA) presentó un proyecto regional a la Superintendencia Federal del Ministerio de Agricultura del Rio Grande do Sul (SFA/RS/MAPA), y fue definida un área piloto en la frontera entre Uruguay y Brasil, que incluía los municipios de Quaraí, Barra do Quaraí y Santana do Livramento, en los cuales los prejuicios sumaban US\$ 150 mil/año o US\$ 0,51 por animal/año. El área total delimitada fue de aproximadamente 4.662 km², envolviendo una población total de 134.204 ovinos y 126.724 bovinos, siendo que todos los establecimientos rurales del área ya habían detectado la presencia de miasis en los animales.



Figura 8: Área realización plan Piloto Regional frontera Uruguay – Brasil

Fuente: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R124/R124_52.pdf

El proyecto fue ejecutado entre enero y mayo de 2009, con importación de moscas estériles de la biofábrica de Tuxtla Gutiérrez y liberadas por la Fuerza Aérea Uruguaya, siendo COMEXA la agencia ejecutora y el Banco Interamericano de Desarrollo (IDB) el financiador (US\$ 1 millón a fondo perdido fue liberado para el comienzo de las actividades). Después de 13 semanas de liberación (21,6 millones de moscas liberadas por semana, cuatro días por semana, siendo 1.545 moscas estériles/km², 20 trampas de adultos en el área), fue observado que 21,5% de las masas de huevos colectadas de los animales

centinela eran estériles (209 masas del total de 1.472 masas colectadas) (Pontes y col., 2009). Con los resultados positivos de ese proyecto piloto, programas de supresión o erradicación en el MERCOSUR podrán instaurarse (Mastrangelo, 2011). A causa de la ausencia de barreras naturales para *C. hominivorax* en América del Sur, un emprendimiento tan completo de supresión/erradicación para el MERCOSUL exigirá coordinación internacional, cooperación entre los países vecinos y los organismos internacionales de salud animal y un comprometimiento político financiero de largo plazo por parte de todos los agentes (Wyss, 2000; IAEA, 2008). Será necesario un complejo bioindustrial que consuma grandes cantidades de materiales diariamente para preparar las dietas de los insectos, manutención de las colonias y producción de los millones de insectos estériles necesarios semanalmente (Silva y col., 2008). Brasil ya cuenta con dos centros que pueden liderar esta última acción.

El Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), instituto especializado de pesquisa da Universidad de São Paulo (USP), cuenta con una "fábrica piloto", construida con recursos do MAPA y con apoyo de la FAO/IAEA, que ofrece soporte estratégico y entrenamiento a los programas de TIE a ser adoptados por el gobierno. La Biofábrica MOSCAMED Brasil (BMB), inaugurada en 2005 en Bahia, es una organización social ligada al MAPA y busca, en primer lugar, la supresión poblacional de las moscas de las frutas en los polos agropecuario de todo el Vale do rio São Francisco. Su capacidad inicial de producción semanal es de 200 millones de machos estériles de *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) y de cinco millones del parásito *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae). Como su planta dispone de siete módulos de producción, por lo menos uno podría fácilmente ser convertido para la producción de moscas estériles de *C. hominivorax* (Mastrangelo, 2011).

Se resalta que el centro de producción de moscas estériles este basado en la propia América del Sur. Eso porque el costo de los insectos estériles aumenta con la distancia hasta el local de liberación, además del hecho de que la calidad de los insectos puede ser comprometida durante viajes muy largas (Mastrangelo, 2011).

5. TRABAJO EXPERIMENTAL

"Estudio de la viabilidad de los estadíos de larvas 3 y pupas de *Cochliomyia hominivorax* expuestas experimentalmente en un suelo del norte del Uruguay".

5.1 INTRODUCCIÓN

Parte del ciclo de *C. hominivorax* se efectúa a nivel del suelo, su viabilidad y duración de esta etapa es objeto de estudio, lo cual estudiarla tiene una importancia epidemiológica para su control o futuro proceso de erradicación.

Los factores abióticos, tales como temperatura, suelo y aire, influyen en el ciclo de vida de las parasitosis, por lo cual la duración de la fase de pupa es muy variable.

A mayor temperatura se produce una mayor tasa de oviposición, de desarrollo pupal, de cópula y de maduración ovárica, por lo que el ciclo de *C. hominivorax* se acelera en la primavera y verano (Krafsur, 1991). El desarrollo de las fases inmaduras es influenciado fuertemente por la temperatura, es más lento a bajas temperaturas (Laake y col., 1936). Si bien algunos autores han considerado la lluvia y la humedad del suelo como factores abióticos importantes (Parman, 1945; Spencer y col., 1981), Krafsur y col. (1987) no encontró relación entre la humedad del suelo y abundancia de la mosca.

Laake y col. (1936) realizan una revisión sobre el tema y relatan los resultados obtenidos por el grupo de Roy Merli en Dallas, Texas, EEUU, habiendo descrito que las pupas duran aproximadamente 7 días en verano y 54 días en invierno. Ensayos realizados *in vitro* en iguales condiciones de humedad (100%) y del suelo, el período pupal fue de 6 días a 34°C y de 32 días a 15°C. El mismo autor cita estudios realizados por R.A. Roberts en Uvalde, Texas, donde demuestra como las temperaturas del aire y suelo influyen en la sobrevivencia de las pupas; así con temperaturas mínimas de -7, -4, 4°C y máximas de 28-21°C respectivamente, al cabo de 44 días, mueren el 63,7 % de las pupas.

En México, Thomas (1989) analizó la sobrevida en diferentes condiciones, encontrando una sobrevida entre 23 - 75%, correspondiendo a sitios expuestos y protegidos respectivamente. En este estudio de 12 meses, la temperatura surge como la variable determinante de los cambios poblacionales, habiendo sido mínima la influencia de la humedad.

En Argentina, Orcellet (2005), estudió la sobrevida de las pupas *in vitro*, a tres temperaturas (14, 18 y 24°C), a diferentes niveles de humedad y en un mismo suelo de campo. Registró que la emergencia fue directamente proporcional a la temperatura, pero no se halló en condiciones de suelo saturado de humedad.

Durante una temporada pueden desarrollarse varias generaciones de *C. hominivorax* simultáneamente, convirtiendo al control epidemiológico en un desafío interesante, por lo que se plantea la necesidad de conocer la evolución del estadio de pupa y larva 3 en los meses de mayo, junio y julio. Estas fechas pueden representar un momento crítico en el mantenimiento de esta etapa del ciclo no parasitario.

5.2 HIPOTESIS

Durante los meses de invierno, existe un enlentecimiento en el proceso desde la exposición de L3 a la emergencia del adulto.

5.3 OBJETIVOS

Objetivo General:

Estudiar el desarrollo de larvas 3 y la supervivencia de pupas expuestas al medio ambiente en condiciones experimentales durante los meses mayo, junio y julio.

Objetivos específicos:

- 1) Estudiar los días entre exposición de L3 y la emergencia de mosca.
- 2) Estudiar en días la viabilidad máxima de pupas expuestas al medio ambiente.

5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación fue de tipo observacional, exponiendo cada 15 días el material de L3 y pupas, en un lugar adecuado especialmente para el ensayo. Este estudio fue realizado sobre un tapiz natural, en un suelo al descubierto. Así mismo, en las exposiciones sucesivas se enviaban muestras representativas del suelo al laboratorio para analizar la viabilidad del material expuesto. Las lecturas correspondientes a presencia de adultos en las trampas de emergencia, se realizaron día por medio. A su vez se registraban diariamente datos climáticos y de temperatura del suelo.

5.5 MATERIALES Y METODOS

5.5.1 AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el establecimiento "La Galera", ubicado en ruta 5, km.473, Estación Ataques 2° SP Departamento de Rivera. 30.94" Lat. Sur, 55.55" Longitud Oeste. En un potrero forestado, cerrado al pastoreo.

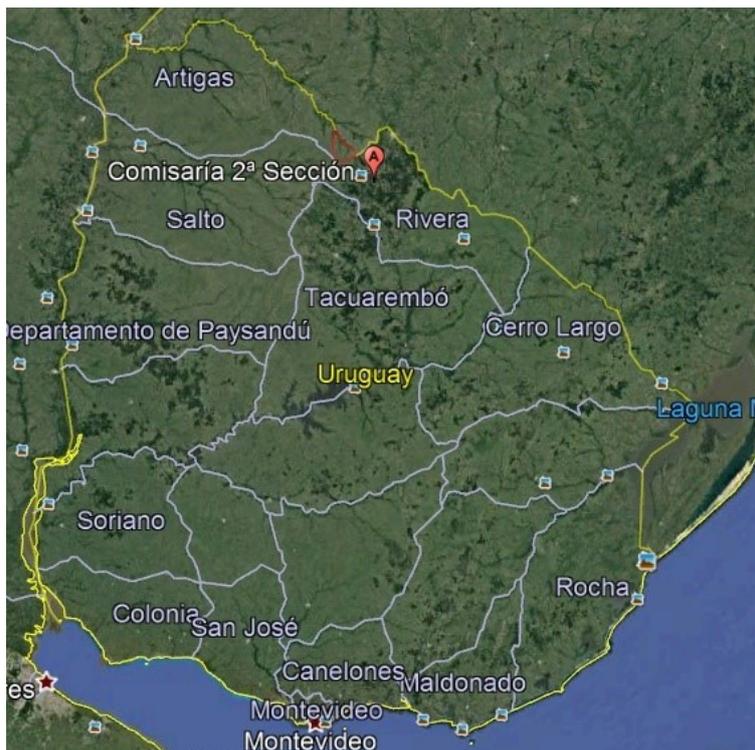


Figura 9: Ubicación geográfica Establecimiento “La Galera”.

5.5.2 MATERIALES Y TÉCNICA DE EXPOSICIÓN

El material biológico provenía de la colonia mantenida en el Departamento de Parasitología de la DILAVE “Miguel C. Rubino”, acondicionado en caja isotérmica asegurando un mínimo de 30°C al tiempo de salida, acompañada con dieta de adultos.



Figura 10: Material exposición (larvas 3)

El tiempo transcurrido entre la salida del laboratorio y la exposición era de aproximadamente 18 horas. En el lugar de exposición se comprobaba que el material estuviera en buenas condiciones, manifestado por buena vitalidad de las L3. Se empezaba por dividir las larvas en 3 placas de Petri utilizando una

pinza sin dientes cuidadosamente colocando en cada una alrededor de 50 ejemplares. Enseguida se depositaban a nivel del suelo sobre un cilindro de hojalata (12 cm de diámetro) previamente enterrado con la finalidad que no hubiese emigración de las larvas fuera de la exposición (tres replicas) y cada una se cubría con una trampa de emergencia. Finalmente se identificaba las trampas con número, banderín y fecha.



Figura 11: División larvas 3 en cajas de Petri.

Luego se pasaba a exponer a las pupas, que de igual manera y con el mismo procedimiento se dividían en 5 cantidades iguales (50 pupas) y se enterraban entre 2 y 5 cm. También se identificaba de la misma forma.



Figura 12: Material exposición (pupas)

Posteriormente el área de las exposiciones era protegida con una malla electrosoldada galvanizada gruesa con el objetivo de evitar el ingreso de animales.

5.5.3 RECOLECCIÓN Y REGISTRO DE DATOS

Observación de emergencia Larva 3:

Cada 48 horas se registraba la presencia de adultos en las trampas de emergencia sobre los lugares donde se expusieron las larvas 3.



Figura 13: Registro emergencia de adultos.

Viabilidad de las pupas expuestas:

Cada 15 días se tomaban perfiles de tierra donde se habían expuestos las pupas y se los enviaba al Departamento de Parasitología de la DILAVE “Miguel C. Rubino” para estudiar su viabilidad (vivas, muerto, desintegrado). En caso de ser necesario y posible, para confirmar viabilidad se incubaba las pupas intactas.

Temperatura y humedad:

Se recolectaba datos de temperatura del suelo a través de un termómetro para esa finalidad (se intentó extraer estos datos siempre a la misma hora del día, entre las 14:00 y las 16:00). Asimismo, para obtener datos de humedad, temperatura máxima y mínima, pluviosidad, se utilizó una estación portátil marca Acu-rite5-in-1 PRO Weather Sensor model 06014R, ubicada en el mismo lugar del ensayo.



Figura 14: Recolección datos temperatura del suelo.

5.5.4 PROCESO EN EL LABORATORIO

Muestras de suelo: observación de ubicación de pupas, registro de cantidad, análisis del aspecto morfológico. Así mismo se buscó la existencia de diversos factores que pudieran haber afectado la presencia y viabilidad de la pupa, como ser insectos, hongos.



Figura 15: Recuperación pupas de perfiles de suelo (Dpto. Parasitología DI-LAVE)

A las pupas intactas se colocaron en condiciones ideales de temperatura y humedad, 27°C y 70% de humedad durante 5.5 días, posteriormente las que no emergieron fueron colocadas en 27°C y 55% de humedad hasta un máximo de 10 días, en jaulas de emergencia para observar su viabilidad.

5.5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se procesó el test de Pearson para establecer correlación entre dos variables: la emergencia de las exposiciones de L3 y los datos meteorológicos del lugar. (<http://www.sthda.com/english/wiki/correlation-test-between-two-variables-in-r#what-is-correl>). Ver análisis estadístico en anexos.

5.5.6 PERIODO DE ESTUDIO

Mayo a agosto del 2017. A campo se realizaron cinco exposiciones entre los meses de mayo y julio del 2017 y en el laboratorio se continuaron los estudios hasta el mes de agosto.

5.6 RESULTADOS

5.6.1 Exposición de L3

Los resultados de las exposiciones de L3, se representan en la tabla 1. Se muestran los días de exposición a emergencia de adultos, promedio de temperatura del suelo en °C y % de humedad correspondientes al período de desarrollo de cada exposición.

Todas las muestras expuestas de L3, presentaron emergencia de adultos, con un rango de 4 a 10 días con una temperatura media que osciló entre 12°C y 14°C, la lluvia no presentó registros importantes y la humedad en el eje del 90%.

Tabla 1: Resultados de las exposiciones de L3

Fechas de exposición	EMERGENCIA (a campo - días)	TEMPERATURA SUELO (promedio - °C)	%HUMEDAD
17/5/17	+ 4	15,7	97
30/5/17	+ 7	15,5	95
13/6/17	+ 10	14,4	90
27/6/17	+ 10	14,3	95
11/7/17	+ 8	14,0	88

En la tabla 2 se resume los datos de lluvia, temperatura ambiente y humedad correspondientes al periodo específico de la emergencia de cada exposición.

Tabla 2: Datos climáticos propios del periodo de emergencia en cada exposición

Fechas	Temperatura					Lluvia Acum.	%Humedad	
	Exp. Emerg.	Rango Mín.	Media Mín.	Media	Rango Máx.			Media Máx.
17/5 - 20/5	-	6,1 - 13,3	9	14	15,6 - 20,6	19	0,2	97
30/5 - 5/6	-	3,9 - 11,1	7	13	14,4 - 23,9	19	0,0	95
13/6 - 22/6	-	0,6 - 16,7	4	12	13,9 - 28,9	20	0,5	90

27/6 - 6/7	6,1 – 15	11	14	10 - 27,8	19	2,0	94
11/7 18/7	5 – 21	12	12	18 - 26	20	1,6	88

Como resultado complementario, al analizar muestras de suelo en el laboratorio de las exposiciones de larvas 3, se observaron pupas viables con máximo de 42 días de exposición en el campo, presentando durante el período un promedio de temperatura en el aire de 13°C y en el suelo 14°C (9,8-17,9). Este dato correspondió a la exposición del 30/5, obteniéndose pupas con emergencia el 11/07.

Así mismo se estudió la ubicación de las pupas provenientes de la primera y tercera exposición de L3, habiéndose encontrado a 8 y 5 cm (3.15 y 1,9 pulgadas respectivamente) de profundidad de la superficie de la muestra.

Al análisis estadístico, no se encontró correlación lineal entre la emergencia de adultos a partir de las diferentes exposiciones de L3 y las correspondientes variables del clima (temperatura del suelo, temperatura ambiente, humedad relativa y lluvia), se anexa el informe estadístico.



Figura 16: Emergencia adultos 3/6/2017

5.6.2 Exposición de pupas

A nivel de campo, se observó la emergencia de adultos en tres de las cinco exposiciones realizadas. Dado que el objetivo consistió determinar el tiempo de sobrevivencia de las pupas, luego de analizada la muestra del suelo correspondiente, se incubaban los ejemplares enteros a 27°C y 70% de humedad durante 5.5 días.

En la tabla 3 se detalla el tiempo en días en que se observó la emergencia de adultos en condiciones ideales de temperatura y humedad (en el laboratorio), el máximo de días que se encontró pupas viables y el porcentaje de adultos que evolucionaron, de acuerdo a cada fecha de exposición.

Tabla 3: Resultados de las exposiciones de pupas

Fecha de Exposición	EMERGENCIA (a campo - días)	PUPAS VIABLES (días de expuestas)	EMERGENCIA (laboratorio - días)	EMERGENCIA EN LAB. (% de adultos)
17/5/2017	-	47	+4	42
30/5/2017	+ 4	43	+6	20
13/6/2017	+ 10	30	+4	67
27/6/2017	+10	44	+5	20
11/7/2017	-	30	0	0

Cada 15 días se analizó una muestra de suelo de cada exposición, en la tabla 4 se detallan los datos obtenidos de cada lectura, así como de la viabilidad de los ejemplares que fueran luego mantenidos en condiciones ideales de temperatura y humedad.

Tabla 4: Datos de pupas; fechas de exposición, días de expuestas, evidencia de eclosión, total de pupas incubadas, adultos y porcentaje de emergencia, en la fracción de suelo.

Fecha de exposición	Días de expuestas a campo	Observación	Total de pupas	Adultos	Emergencia (%)
17/05/2017 (Primera)	14	VIABLES	22	4	18
	29	HORMIGAS	-		
	47	VIABLES	12	5	42
	57	NO VIABLES	2		
	71	NO HABÍA PUPA			
31/05/2017 (Segunda)	15	HORMIGAS			
	33	VIABLES	7	7	100
	43	VIABLES	5	1	20
	57	NO VIABLES	2		
	71	NO HABÍA PUPA			
13/06/2017 (Tercera)	20	VIABLES	5	5	100
	30	VIABLES	6	4	67
	44	?	2		
	58	NO HABÍA PUPA			
27/06/2017 (Cuarta)	16	VIABLES	9	2	22
	30	?	30		
	44	VIABLES	5	1	20
11/07/2017 (Quinta)	16	?	26		
	30	NO VIABLES	6	0	

En la tabla 5, se detallan el rango de temperatura del aire (mínima, media y máxima), los acumulados de lluvia en mm y % de humedad, que sobrellevaron

las pupas de las correspondientes exposiciones. Los registros promedio de temperatura del suelo correspondieron a 14°C, siendo 9°C y 17,9°C los valores mínimo y máximo respectivamente.

Tabla 5: Datos climáticos relacionados con la duración de la viabilidad de cada exposición de Pupas

Exp- Emerg.	Temperatura					Lluvia Acum.	%Humedad
	Rango Mín.	Media Mín.	Media	Rango Máx.	Media Máx.		
17/5 - 11/7	0,6 - 16,7	9,2	14,1	11 – 30	20,7	10,7	92,8
30/5 - 11/7	0,56-17,78	7	13	6,11 – 30	21	3	93
13/6 - 13/7	0,6 - 17,8	8	14	6,1 – 30	21	2	92
27/6 - 13/7	6,1 - 17,8	13	16	6,1 - 27,8	20	2	96
11/7 - 18/7	5 - 21,7	12	15	18,9 - 26,1	23	2	89

En cuanto al comportamiento de sobrevivencia de las pupas expuestas en el medio ambiente y llevadas al laboratorio de acuerdo al cronograma, se encontró un rango similar en las exposiciones primera, segunda y cuarta, de 47, 43 y 44 días, presentando durante los respectivos días promedios de temperatura de 14, 13 y 16°C. En relación a estos resultados de sobrevivencia, el porcentaje de emergencia fue de 42, 20 y 20 respectivamente. No se disponen los resultados de laboratorio de la tercera exposición debido al extravío del material. En la quinta exposición no fue evidente la emergencia de adulto a nivel de campo y no se constató emergencia en el laboratorio al envío de muestra de suelo.

El número pupas halladas en las muestras de suelo correspondientes al mayor tiempo de exposición fue bajo, pero en las condiciones en que se realizó el estudio permitió su viabilidad y posterior emergencia, lo cual tiene su importancia desde el punto de vista epidemiológico.

5.7 DISCUSIÓN

La elección de la estación del año (mayo - julio), se basó en la suposición de que existiría una disminución importante de la temperatura, buscando que influyera en la viabilidad, con incidencia en la sobrevivencia de las pupas. Dado que los resultados obtenidos se lograron con características climáticas específicas de un año, esto no significa necesariamente que se repitan en otros años. Para completar la idea del comportamiento epidemiológico será necesario contar con repeticiones de estos estudios, así como modificar la metodología a aplicar.

Los resultados de emergencia tanto en las exposiciones de L3 como de pupa, fueron entre 4 y 10 días. Estos resultados fueron sensiblemente menores a lo

descrito en la bibliografía internacional y a la experiencia obtenida a nivel nacional. A modo de ejemplo, los resultados de la primera exposición de L3 y de segunda exposición de pupa, presentaron 4 días para la emergencia. Este tiempo de evolución se asemejan más a los valores obtenidos *in vitro*, en condiciones ideales de laboratorio. Se plantea la hipótesis de que estos resultados pueden haber sido afectados por factores ecológicos relacionados al lugar de la exposición (tipo de suelo, protección del monte, radiación solar, humedad del suelo, etc.).

Así mismo, los porcentajes de emergencia variaron desde 20 a 100%, probablemente haya estado influido por los cambios de temperatura, dado que el lugar de estudio estaba sobre una loma y expuesto a las variaciones climáticas.

La temperatura del suelo, si bien fueron registradas una vez al día (al mismo horario), no evidenció grandes variaciones, habiendo sido la media geométrica de 14,3°C.

Los valores de temperatura media del aire y la del suelo encontrados en el lugar de exposición, durante los meses de mayo, junio y julio, fueron 16.1-14,6°C, 13.9-14,5°C y 13.4-14,1°C respectivamente. Se observó mayor variabilidad entre los valores de temperatura del aire que los registrados en el suelo.

Las temperaturas registradas en el ensayo (2017) presentan una tendencia por encima de las máximas como en mínimas, al ser comparadas con los datos históricos publicados por Inumet (ver tabla 6).

Tabla 6: registros promedio de temperatura máxima y mínima, obtenidos en el lugar de estudio comparado con datos históricos

	Ensayo Máxima (°C)	Histórico Inumet* (°C)	Ensayo Mínima /°C)	Histórico Inumet (°C)
Mayo	22	20	11	10
Junio	21	18	8	8
Julio	18	17	10	8

*<https://www.accuweather.com/es/uy/rivera/350558/may-weather/350558?monyr=5/1/2017>

La ubicación en que se encontraron pupas a partir de L3 fue a 5 - 8 cm de profundidad. Se estima que las poblaciones de hormigas hayan intervenido en no encontrar pupas, sería conveniente profundizar en este aspecto.

A nivel nacional, los resultados se pueden comparar con los obtenidos en el proyecto INIA FPTA 334; "Estudios epidemiológicos de las miasis cutáneas a *Cochliomyia hominivorax*" dado que se utilizó el mismo origen de la colonia, momento de envío de L3 (comunicación personal Lic. Laura Marques).

La duración de la sobrevida de las pupas provenientes tanto de las exposiciones de L3 como de pupas, encontrados en este ensayo fueron similares a las halladas en las exposiciones realizadas en Artigas y en Tacuarembó por parte del mencionado proyecto INIA FPTA 334 (ver tabla 7).

Tabla 7: Comparación de la supervivencia de pupas en tres lugares diferentes de zona norte (com.per. Laura Marques)

Localidad	Coordenadas geográficas	Emergencia adultos (días)	Sobrevida pupal (días)
Artigas	30°34' LS -57°0'LO	28 -30	40 - 43
Rivera - ensayo	30°94' LS - 55°5' LO	4 – 10	43 - 47
Tacuarembó	31°71' LS - 55°9' LO	26 – 30	41 - 44

De las exposiciones realizadas en el departamento de Artigas (Latitud Sur 30°34' –Longitud Oeste 57°0'), la duración del período pupal fue hasta 40; 43; 40; 42 y 42 días a las mismas fechas de exposición de este trabajo. En Tacuarembó (Latitud Sur 31°71' –Longitud Oeste 55°9'), la duración del período pupal fue similar (hasta 40; 43; 44; 41; 44 días).

La temperatura promedio en Artigas durante mayo, junio y julio del 2017, fue de 17,7, 16,1 y 17,3°C respectivamente (fuente Inumet).

En Argentina, Orcellet (2005) publicó un trabajo realizado en el laboratorio a tres niveles de temperatura y de humedad, sobre una muestra de suelo proveniente de la provincia de Santa Fe. Ninguna de las réplicas evidenció adultos en los suelos saturados de humedad. En relación a los suelos con capacidad de humedad similar a la del campo, la presencia de adultos fue entre los 10 y 23 días, obteniendo un % de emergencia a 14°C, 18°C y 24°C del 71%; 70%; y 89% respectivamente. En las muestras del mismo suelo pero en condiciones más secas, el porcentaje de emergencia fue proporcional a la temperatura de incubación.

En Brasil, Ribeiro (citado por Orcellet, 2005), en 1997 estudió la evolución y viabilidad de las L3 y de las pupas en condiciones de campo similares a la del ensayo realizado por nosotros (Lat. Sur 31.7, Long O. 52.3). El tiempo de sobrevivencia de las pupas fue hasta 44 días en julio. Así mismo la emergencia fue 0 a 100%.

Entre 1936 y 1960, han sido varios los estudios llevados a cabo por EEUU a los efectos de conocer la influencia del medio ambiente en la evolución de las fases de prepupas y pupas de *C. hominivorax*.

Según Parman (1945), existe consenso para considerar que 10 a 12°C constituyen la temperatura crítica y que la emergencia de adultos es muy rara en las pupas mantenidas a estas temperaturas en forma constante. Presenta datos resumidos de un trabajo en Uvalde, Texas, y Tempe, Arizona de los inviernos de 1936-1941. En Tempe (1937-1938), las larvas habían sido enterradas en el suelo y comenzó la emergencia después de un período de 58 días con temperatura media diaria promedio del aire de 8.6°C. La temperatura más baja del suelo registrado fue 0°C. De este experimento una etapa máxima de pupa de

70 días se obtuvo de larvas ubicadas en estiércol, y un máximo de 65 días en el suelo virgen y en suelo cultivado.

Deonier (1945) bajo la supervisión de Parman, presentó resultados de estudios realizados sobre el gusano barrenador en el sur de Arizona (Tempe) durante los inviernos de 1936-37 y 1937-38. *C. hominivorax* no sobrevivió al invierno de 1936-37, con una media mensual de 5.33°C. Luego en el invierno de 1937-38 de varias series de exposiciones de larvas y pupas en diferentes suelos y profundidades de enterramientos los adultos emergieron con periodo mínimo de 19 días y un máximo de 70 días. Promedios mensuales de temperatura del aire fueron de 11.44°C, 10.8°C y 11.44°C, para diciembre, enero y febrero respectivamente, siendo las temperaturas medias del suelo en el período noviembre a diciembre 1937 fue de 13.8°C; entre diciembre y febrero de 1938 fue de 11.9°C y enero a marzo 1938 de 13.7°C. También afirma que las condiciones climáticas son factores importantes para la población de moscas. En el invierno se reduce a un mínimo el número de las moscas viéndose restringido el área de distribución. Las infestaciones de primavera de *C. hominivorax* dependen, en gran medida, de las condiciones del clima del invierno precedente (anterior).

Lindquist y Rogers (1945) presentan resultados de estudios sobre la actividad de *C. hominivorax* durante los meses de invierno de 1935-36 y de 1938-39 en algunas localidades de Estados Unidos. En Valdosta, Georgia durante el primer invierno, ocurrieron emergencias en un período de 28 a 78 días, a partir de larvas que habían sido colocadas en el suelo en diciembre, enero, y febrero. En noviembre de 1935 hubo un mínimo temperatura de -2.2°C. Los registros de temperatura del suelo, indican que a 5 cm de profundidad fue de unos 0.16 grados Celsius más alto que el promedio de aire máximo y 0.14 grados Celsius más alto que el promedio aire mínimo. En el siguiente invierno, el período en el suelo, desde la caída de larvas maduras a la emergencia de adultos, varió de 18 a 54 días, presentando temperaturas inferiores a 0°C. Estos autores concluyen que, aunque *C. hominivorax* puede no siempre sobrevivir el invierno en Valdosta, puede permanecer inactiva, por periodos largos. Por ejemplo, mientras que normalmente el período de desarrollo durante el verano en el suelo dura de 7 a 9 días, durante el invierno puede durar tanto como de 75 a 78 días y períodos de 30, 40 o 50 días son frecuentes. En Gainesville, Florida el período de desarrollo en el suelo fue prolongado en un caso a 63 días. También relatan algunas observaciones interesantes en relación con este tema: en 1937-38, se desarrollaron etapas inmaduras y los adultos surgieron incluso después de 6 noches consecutivas durante las cuales la temperatura mínima diaria fue menor a 0°C.

Lindquist y Barrett (1945) publicaron resultados de un estudio en 1935-36 en Texas. En esta investigación se estudió la supervivencia de larvas y pupas en pequeñas jaulas. En el invierno de 1935-36 se registró una duración mínima de los estadios inmaduros de 22 días, expuestas a 50 cm de profundidad y la temperatura media del aire fue de 13.2 °C. De otro lote de pupas expuestas también en ese invierno a casi 3 cm de profundidad, el período fue más largo obteniendo adultos a los 55 días.

Flitters y Benschoter (1968) publican resultados obtenidos de un estudio de laboratorio de exposición de pupas de *C. hominivorax* a temperaturas simula-

das de invierno de diferentes localidades de Texas en 1963-64. Las pupas completaron su desarrollo y surgieron como adultos 25-39 días después su introducción. La temperatura media del aire fue 12.2 °C, con un promedio alto de 18.3 °C, un promedio bajo de 5.6 °C, y un mínimo de -2.2 ° C. Esos autores también coinciden con Parman (1945), indican que 10.0 ° C es el promedio térmico crítico para el período de invierno (diciembre-febrero).

Otros autores, Elwaer y Elowni (1991), en su estudio del efecto de la temperatura sobre la población y eclosión de *C. hominivorax*, en Libia, a partir de larvas cultivadas en agar sangre y las pupas colocadas en recipientes de vidrio / plástico, con arena, obtuvieron en condiciones de laboratorio que el periodo de pupa dura 19 días a 18° C, 14-16 días a 20°C, 8-13 días a 30°C y 7-13 días a 37°C., a -5°, 5° o 40° C, la eclosión no se logró, incluso después de 4 meses de pupación. Pupas de estos grupos (-5, 5 y 40°C) fueron transferidos a frascos de vidrio y se mantuvieron a una temperatura de alrededor de 25° C y no se notó eclosión por hasta 35 días. Otro grupo de pupas previamente mantenido a 5 °C durante 1 mes se probó la eclosión en 25° C. La emergencia de la mosca adulta (70%) ocurrió dentro de 10-12 días. Estos hallazgos sugieren que la temperatura tiene una fuerte influencia en la pupación y eclosión de *C. hominivorax*. Los resultados de los grupos pupa mantenidos a 5° C sugieren que *C. hominivorax* sobrevive a esas bajas temperaturas a través de una fase pupal quiescente de desarrollo.

Finalmente, a modo de consideración del presente trabajo de investigación realizado, nos parece importante resaltar que las temperaturas medias del invierno 2017 permitieron mantener la viabilidad del ciclo de *C. hominivorax* en Rivera, destacando la importancia que esto puede representar ya que infestaciones de primavera dependen, en gran medida, de las condiciones del clima del invierno precedente.

5.8 CONCLUSIONES

- 1) *Cochliomyia hominivorax* fue capaz de emerger a nivel de campo a partir de L3 y pupas expuestas durante mayo, junio y julio del 2017.
- 2) Se encontró un periodo máximo de pupas viables de 47 días, con posterior emergencia de mosca.
- 3) El análisis estadístico demostró que no existió correlación alguna entre la emergencia de adultos y los diferentes factores climáticos para el periodo de estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Adams TS (1979). The reproductive physiology of the screwworm. *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). II Effect of constant temperatures on oogenesis. *Journal of Medical Entomology*.; 15 (5-6): 484 – 487.
- 2) Alvarez Ramírez V F (1975). Tesis Monográfica sobre el Gusano Barrenador del Ganado *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel). Tesis de Pregrado. Universidad de Guadalajara, México.
- 3) Anziani O.S., Flores S.G., Moltedo H., Derozier C., Guglielmone A.A., Zimmermann G.A y Wanker O (2000). Persistent activity of doramectin and ivermectin in the prevention of cutaneous myiasis in cattle experimentally infested with *Cochliomyia hominivorax*. *Vet Parasitol.* 87(2-3):243-247.
- 4) Azeredo Espin, A.M.L. (1987) Análise Cariotípica, Morfométrica e de Compatibilidade Sexual em Linhagens Brasileiras de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). 1987. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 147 p.
- 5) Bajatta, C. (2007). La Cooperación Internacional en el Control, Erradicación y Prevención del Gusano Barrenador del Ganado. Fecha de consulta: 3 de Febrero del 2018. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/en/publications/la-cooperacion-internacional-en-el-controlerradicacion-y-prevencion-del-gusano-barrenador-del-ganado>
- 6) Batista da Silva J.A., Borja G.M., Queiroz M.M.C (2012). 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.* 41 (4):341-342.
- 7) Baumhover, A.H.; Graham, A.J.; Bitter, B A.; Hopkins, D.E.; New, W.D.; Dudley, F.H.; Bushland, R.C. (1955). Screwworm control through release of sterilized flies. *Journal of Economic Entomology.* 48 (1): 462-466.
- 8) Baumhover, A.H.; Husman, C.N.; Skipper, C.C.; New, W.D. (1959). Field observations on the effects of releasing sterile screwworms in Florida. *Journal of Economic Entomology.* 52 (6): 1202-1206.
- 9) Berkebile, D.; Chirico, J.; Leopold R. (2000) Permeabilization of *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) Embryos. *Journal of Medical Entomology.* 37(6): 968 - 972.
- 10) Brenner, R. (1985): Distribution of Screwworms (Diptera: Calliphoridae) Relative to Land Use and Topography in the Humid Tropics of Southern Mexico. *Annals of the Entomological Society of America.* 78: 433 – 439.
- 11) Broce A.B., Goodenough J.L., Coppedge J.R. (1977). A wind-oriented trap for screwworm flies. *Journal of Economic Entomology* 70: 413 - 416.

- 12) Bushland, R.C.; Hopkins, D.E. (1951) Experiments with screw flies sterilized by x-rays. *Journal of Economical Entomology*. 44 (5): 725 – 731.
- 13) Bush, G.; Neck, R.; Barrie G. (1976). Screworm Eradication: Inadvertent Selection for Noncompetitive Ecotypes during Mass Rearing”. *Science, New Series*. 193. 4252 491 – 493.
- 14) Bushland, R.C.; Hopkins, D.E. (1953). Sterilization of screwworm flies with X-rays and gamma rays. *Journal of Economic Entomology*. 46 (1) 648 - 656.
- 15) Cangussu, J.A.; Zucoloto, F.S. (1997). Effect of protein sources on fecundity, food acceptance, and sexual choice by *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Revista Brasileira de Biologia*. Rio de Janeiro. 57 (4) 611 - 618.
- 16) Carballo, M.; Colombo, A., Heinzen, T. (1990). Presencia de especies de dípteros califóridos causantes de miasis cutáneas en Uruguay. Relevamiento de larvas parasitarias (instar III) en rumiantes. *Veterinaria (Montevideo)* 26 (109): 4-6
- 17) Carballo, M.; Heinzen, T.; Colombo, A., Rodriguez, M. 1991. Datos obtenidos a partir de una encuesta relativa a la incidencia de miasis cutáneas en diferentes zonas del Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)* 28 (114): 5-15
- 18) CFSPH: The Center for Food Security Public Health. (2007). Miasis por el Gusano Barrenador. Fecha de consulta: 8 de Agosto del 2017. Disponible en: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/miasis_por_el_gusano_barrenador.pdf
- 19) Chaudhury, M.F.; Alvarez, L. A.; Velazquez, L. L. (2002) Recycled paper products as substitutes for gelling agent in screwworm (Diptera: Calliphoridae) larval diet. *Journal of Economic Entomology*. 95 (6): 1337 - 1341.
- 20) Chaudhury, M F.; Skoda, S.R.A. (2007). cellulose fiber-based diet for screwworm (Diptera: Calliphoridae) larvae. *Journal of Economic Entomology*. 100 (1) 241-245.
- 21) COMEXA. 2008. Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado. Manual de identificación del Gusano Barrenador del Ganado *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) Díptera: Calliphoridae y su diferenciación de otras especies causantes de miasis. 71 pp. Disponible en: <http://www.flsart.org/screwworm/Annex/Annex%201%20Clave%20de%20Identificaci%C3%B3n.pdf>. Fecha de consulta 10/09/2017.
- 22) COPEG: Comisión para la Erradicación y Prevención del Gusano Barrenador del Ganado (2016). Gusano Barrenador. Fecha de consulta septiembre del 2017. Disponible en: <http://www.copeg.org>

- 23) Colwell D.D, Dorchies P., Scholl P.V., Losson B., Boulard C., Chaudbury M.F., Graf V.F., Jacquiet P, Barillet E., Carta A, Scala A.,Bowles B.M., Sanderman R.M., Cepeda – Palacios R., Wall R., Cruickshank I.,French N.P., Smith K.E., Panadero - Fontan R., Otnanto D. (2004). Economic aspects. In: Management of myiasis: current status and future prospects. *Veterinary Parasitology*; 125:93-104.
- 24) Coronado, A.; Kowalski, A. (2009). Current status of the New World Screwworm *Cochliomyia hominivorax* in Venezuela. *Medical and Veterinary Entomology*. 23 (1): 106-110.
- 25) Coronel, P.F. (2011). Análise filogeográfica da mosca da bicheira, *Cochliomyia hominivorax*. 2011. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 113 p.
- 26) Crystal, M.M. (1967). Reproductive behavior of laboratory- reared screwworm flies (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*. 4 (4): 443-450.
- 27) Crystal, M.M. (1979). Sterilization of screwworm flies (Diptera: Calliphoridae) with gamma rays: restudy after two decades. *Journal of Medical Entomology*. 15 (2): 103-108.
- 28) Da Silva B.B., Borges U.S., Pimentel C.C. (2005). Human vaginal myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax*. Brief Communication. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*; 89:152-153.
- 29) De Almeida Valviessa V.R.G, Ferraz A.C.P, Proença B, Werneck G.R.N, Aguiar V.M, Lessa C.S.S. (2014). 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*. 29 (3):191-196
- 30) Dear, J.P. (1985). A revision of the new world *Chrysomyia* (Diptera: Calliphoridae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 3 (3): 109-169.
- 31) Deonier, C.C. (1945). Overwintering and Dispersion of *Cochliomyia americana* in Arizona *Journal of Economic Entomology*. 38 (1): 90-95.
- 32) Devaney, J.; Eddy, G.; Ellis, E.; Harrington, R. (1973). Attractancy of Inoculated and Incubated Bovine Blood Fractions to Screwworms Flies (Diptera: Calliphoridae): Role of Bacteria. *Journal of Medical Entomology*. 10 (6): 591 – 595.

- 33) Dyck, V.A.; Hendrichs, J.; Robinson, A. S. (2005). Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management. Berlin: Springer. 787 p.
- 34) Elwaer, O., E.E. Elowni. (1991). Studies on the screwworm fly *Cochliomyia hominivorax* in Libya: effect of temperature on pupation and eclosion. Parasitol. Res. 77: 48-49
- 35) Erdmann, G.; Khalil, S. (1986). Isolation and Identification of two Antibacterial Agents Produced by a Strain of *Proteus mirabilis* Isolated from Larvae of the Screwworm (*Cochliomyia hominivorax*) (Diptera: Calliphoridae). Journal of Medical Entomology. 23 (2): 208 – 211
- 36) Erdmann, G. (1987). Antibacterial Action of Myiasis-causing Flies. Parasitology Today. 3 (7): 214 – 215
- 37) Erdmann, G.; Bromel, M.; Gassner, G.; Freeman, T.; Fischer A. (1984): Antibacterial Activity Demonstrated by Culture Filtrates of *Proteus mirabilis* Isolated from Screwworm (*Cochliomyia hominivorax*) (Diptera: Calliphoridae) Larvae. Journal of Medical Entomology. 21(2): 159 – 164.
- 38) FAO, (1993a). Manual Para el Control de la Mosca del Gusano Barrenador del Ganado – *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Vol. 1), Roma. Fecha de consulta 18 de Julio del 2013. Disponible en: http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/1993/control_qbg_01.pdf
- 39) FAO, (1993b). Manual Para el Control de la Mosca del Gusano Barrenador del Ganado – Guía para la Identificación de las moscas del Género *Cochliomyia* (Diptera: Calliphoridae) (Vol. 2), Roma. Fecha de consulta el 24 de Julio del 2013. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/miasis/pdf/doc2.pdf>
- 40) FAO, (2011). Hoja de Ruta para la Supresión y Erradicación Progresiva del Gusano Barrenador del Ganado *Cochliomyia hominivorax* en las Zonas Endémicas del Continente Americano. Fecha de consulta: 17 de julio de 2017. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/animal/miasis/pdf/doc2.pdf.
- 41) FAO, (1992). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Manual para el control de la mosca del gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel), Roma. Fecha de consulta: 17 de Julio de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/ai173s/ai173s02.pdf>
- 42) Forero, E., Cortés, J., Villamil, L. (2008). The problem of screwworm, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858), IN Colombia. Revista MVZ Córdoba, 13 (2): 1400-1414.

- 43) Fresia, P.; Lyra, M. L.; Coronado, A.; Azeredo Espin, A. M. L. (2011). Genetic Structure and Demographic History of New World. Entomological Society of America, Washington. 11(1): 280 - 290.
- 44) Fresia, P.; Lanzzeri, S.; Martinez, E.; Carballo, M.; Goñi, B.; Cristina, J. y Gama, S. (2007). Primer análisis de la variabilidad del ADN mitocondrial de *Cochliomya hominivorax* en animales domésticos del Uruguay. Veterinaria (Montevideo) 42 (165/166): 9-13.
- 45) Gomez R.S., Perdigão P.F., Pimenta F.J.G.S., Rios Leite A.C., Tanos De Lacerda J.C., Custódio Neto A.L. (2003). Oral myiasis by screwworm *Cochliomyia hominivorax*. Short Communication. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery; 41:115-116.
- 46) Graham, O.H. (1985). Symposium on Eradication of the Screwworm from the United States and México. Miscellaneous publications of the Entomological Society of America. (62): 1-68p
- 47) Guimarães, J.H.; Papavero, N., Prado, A.P. (1983). As Míases na Região Neotropical (Identificação, Biología, Bibliografía). Rev. Bras. Zool. 1(4): 239-416.
- 48) Gutierrez, A.P., Ponti, L. (2014). The new world screwworm: prospective distribution and role of weather in eradication. Agricultural and Forest Entomology, 16 (2): 158 - 173.
- 49) Hall, M.J.R. (1991). La Mosca del Gusano Barrenador como Agente de Miasis Cutánea. Revista Mundial de Zootecnia. 8-17. pp.
- 50) Hall, M.; Wall, R. (1995). Myiasis of human and domestic animals. Advances in Parasitology, London, 35: 257 - 334.
- 51) Hammack, L. (1984). Relationships of Larval Rearing Variables to fly Attraction and Oviposition Responses in the Screwworm, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae), Journal of Medical Entomology. 21 (3): 351 – 356.
- 52) Hemingway, J., Ranson H. (2000). Insecticide resistance in insect vectors of human disease. Annual Review of Entomology, Stanford. 45 (1) 371 - 391.
- 53) Hightower, B.G.; Davis, R.B.; Baumhover, A.H.; Graham, O.H. (1966). Seasonal Abundance of the Screw-worm in Northern Mexico. Journal of Economic Entomology, Lanham, 59 (2): 416 - 420.
- 54) IAEA, International Atomic Energy Agency. (1998). Thematic Plan for the Sterile Insect Technique for Old and New World Screwworm. IAEA-TP-NA-D4-01 Limited Distribution. Vienna, Austria. Fecha de consulta: 17 de Julio de 2017. Disponible en: <http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/public/ipc-thematic-plan-screwworms.pdf>

- 55) IAEA. (1996). Reporting on on-going and planned co-ordinate research projects (CRPs) and RCMs FAO/IAEA, Insect and Pest Control Newsletter, Vienna, v. 66, p. 15-16. Fecha de consulta: 23 de Agosto 2017. Disponible en: <http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/public/newsletter-jul04.pdf>
- 56) IAEA. (2008). Model business plan for a sterile insect production facility. Vienna, Austria, 396 p. (Project INT/5/145 Insect Pest Control Using the Sterile Insect Technique). Fecha de consulta: 11 De Julio de 2017. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/IAEA-MBP_web.pdf
- 57) Infante Malachias, M.E. (1999) Estrutura genética de populações de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) da região sudeste do Brasil: análise a través de três tipos de marcadores genéticos. 1999. 139 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- 58) Infante Malachias, M.E., Yotoko, K. S. C.; Azeredo Espin, A. M. L. (1999). Random amplified polymorphic DNA of screwworm fly populations (Diptera: Calliphoridae) from southeastern Brazil and northern Argentina. *Genome, Ottawa*, 42(1): 772-779.
- 59) International Atomic Energy Agency/ Food and Agriculture Organization (IAEA/FAO). (2000). Genetic sexing and population genetics of screwworms. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- 60) Irigoyen R. (2002). Erradicación de la mosca de la bichera. *El País Agropecuario*. Fecha de consulta 29/6/18. Disponible en: <https://rodolfomartinirigoyen.uy/2016/02/erradicacion-de-la-mosca-de-la-bichera-un-negocio-a-encarar-por-el-pais/>
- 61) James, M.T. (1947), The flies that cause myiasis in man. *Misc. Public. N. 631*, p. 175, Washington, ISDA.
- 62) Kosmann, C., Mello, R.D., HarterreitenSouza, E.S., Pujol Luz, J.R. (2013). A list of current valid blow fly names (Diptera: Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with key to the Brazilian species. *Entomo Brasilis*, 6 (1), 74-85.
- 63) Kogan, M. (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. *Annual Review of Entomology*, 43 (1): 243-270.
- 64) Klassen, W.; Curtis, C.F. History of the sterile insect technique, p. 3-36. In V.A. Dyck, J. Hendrichs, AND A. S. (2005). Robinson (eds.), *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated pest management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- 65) Knipling, E. F., Bushland, B.V. (1937). Relative importance and seasonal activity of *Cochliomyia americana*. *Journal of Economical Entomology*, 30: 727-735.

66) Knipling, E.F. (1972). Entomology and the management of man's environment. Journal of the Australian Entomological Society, Brisbane, 11 (1):153-167.

67) Krafur, E.S. (1991). A phenological analysis of screwworm in Libia. FAO. SECNA.

68) Krafur, E.; Whitten, C.; Novy J. (1987). Screwworm Eradication in North and Central America. Parasitology today. 3(5): 131 – 137

69) Krafur, E.; Linqvist, D. (1996). Did the Sterile Insect Technique or weather Eradicate Screwworms (Diptera: Calliphoridae) of Libya. Journal of Medical Entomology. 33 (6): 877 – 887.

70) Laake; Cushing; Parish y Knipling. (1936). Biology of the primary screw worm *Cochliomyia Americana* and a comparison of its stages with those of *C. macellaria*. Tech Bull Un St Dep Agric. (500) 24 pp.

71) LaCourse S.M., Martinez R.M., Spach D.H., Fang F. (2015). Pain and bloody ear discharge in a returning traveler. Am J TropMedHyg. 92(3):599-600.

72) Leite, A.C. (2004). Biología de *C. homivorax* (Diptera: Calliphoridae) XIII Congresso Brasileiro de Parasitologia Y Simpósio latino-americano de Rickettsioses, Ouro Preto, MG.

73) Lessinger, A.C.; Azeredo Espin, A.M.L. (2000). Evolution and structural organization of mitochondrial DNA control region of myiasis-causing flies. Medical and Veterinary Entomology, 14: 71-80.

74) Levot, G.W. (1995). Resistance and the control of sheep ectoparasites. International Journal for Parasitology, 25 (11):1355-1362.

75) Lima W.S., Malacco M.A.F., Bordin E.L., Oliveira E.L. (2004). Evaluation of the prophylactic effect and curative efficacy of fipronil 1% pour on (Topline®) on post-castration scrotal myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* in cattle. Veterinary Parasitology; 125:373 - 377.

76) Lima WS, Malacco MAF, Bordin EL, Oliveira EL. Evaluation of the prophylactic effect and curative efficacy of fipronil 1% pour on (Topline®) on post-castration scrotal myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* in cattle. Veterinary Parasitology; 125:373-377; 2004.

77) Lindquist, A. (1955). The Use of Gamma Radiation for Control or Eradication of the Screw-Worm. Journal of Economic Entomology. 48(4): 467 – 469

78) Lindquist A.B., Rogers E. E. (1945). Winter Activity of *Cochliomyia americana* in the Southeastern States. *Journal of Economical Entomology*, 38 (1): 85–89.

79) Lindqukt. A.W., Barrett, W.L. Jr (1945). Overwintering Of *Cochliomyia americana* at Uvalde, Texas
Journal of Economic Entomology 38, 77-83

80) Lindquist, AW, Jones, HA, y Madden, AH (1946). DDT Los aerosoles de tipo residual afectados por Light1. *Revista de Entomología Económica*, 39 (1): 55-59.

81) Liria Salazar, J. (2006). Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo-Venezuela. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 23(1): 33-38.

82) Luna, L.; Castañeda, Y.; Gonzalez, E.; Pinilla, M. (2002). Movimiento de Dispersión De *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) Diptera: Calliphoridae) en el Parque Natural Metropolitano entre 1996-1997. *Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panama, Tecnociencia*. 4 (1): 71 – 88.

83) Lyra, M.L., Fresia, P., Gama, S., Cristina, J., Klaczko, L. B., de Azeredo Espin, A.M.L. (2005). Analysis of mitochondrial DNA variability and genetic structure in populations of New World screwworm flies (Diptera: Calliphoridae) from Uruguay. *Journal of medical entomology*, 42(4): 589 - 595.

84) Lyra, M.L., Klaczko, L. B.; Azeredo Espin, A.M.L. (2009). Complex pattern of genetic distribution in populations of the New World screwworm fly revealed by mitochondrial DNA markers. *Medical and Veterinary Entomology*, 23, 32 - 42.

85) Mastrangelo, T.A. (2011). Metodologia de produção de moscas estéreis de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae) no Brasil. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 114 p.

86) McGraw, L. (2011). Squeezing Out Screwworm. *Agricultural Research Service (ARS)*. 18 – 22.

87) Melvin, R.; Bushland, R.C. (1936). A method of rearing *Cochliomyia americana* C. and P. on artificial media. Washington, DC: USDA, Bureau of Entomology and Plant Quarantine. (Report ET-88). Disponible en: [http://books.google.com.br/books/about/A Method of Rearing Cochliomyia American.html?id=mVNnMwEACAAJ&redir_esc=y](http://books.google.com.br/books/about/A+Method+of+Rearing+Cochliomyia+American.html?id=mVNnMwEACAAJ&redir_esc=y)>. Fecha de consulta: 20 enero 2018.

- 88) Moya-Borja GE. (2003). Erradicação ou manejo integrado das miíases neotrópicas das Américas Pesquisa Veterinária Brasileira; 23 (32):131 - 138.
- 89) Muller, HJ (1927). Transmutación artificial del gen. Science, 66 (1699), 84 – 87. doi: 10.1126 / science.66.1699.84
- 90) Muniz R.A., Anziani O.S., Ordoñez J, Errecalde J, Moreno J, Rew R.S. (1995). Efficacy of doramectin in the protection of neonatal calves and post-parturient cows against field strikes of *Cochliomyia hominivorax*. Veterinary Parasitology; 58:155 - 161.
- 91) Muzzio, F.; Gil, A.; Marques, M.; Perez Rama R.; Piaggio, J.; Altuna, M.; Caponi, O.; Fernandez, F.; Mendoza, R.; Chiozza, S.; Arrospide, A., Valledor, S. (2009^a). Plan Piloto del Gusano Barrenador del Ganado, Antecedentes, Situación actual y Perspectivas. XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Mac Center Shopping. Paysandú, Uruguay. 11 y 12 de junio.
- 92) Nolan, J.; Schnitzerling, H. J. (1986). Drug resistance in arthropod parasites. En W.C. Campbell y Rew, eds. Chemotherapy of Parasitic Diseases, pp. 603–620. New York, Plenum Press.
- 93) Flitters N.E and Benschoter C.A. (1968). Survival of Screw-Worm1 Pupae Exposed to Simulated Winter Temperatures from Selected Sites in Texas2. Annals of the Entomological Society of America. 61(1): 65 – 67
- 94) Norris, K. (1963). The Bionomics of Blow Flies. Annual Review of Entomology. 10: 47 – 68.
- 95) OIE (World Organization for Animal Health). Screwworm Myiasis. 2004 Feb. 2007. <http://www.oie.int>
- 96) Olea M.S., Centeno N., Aybar C.A.V., Ortega E.S., Galante G.B., Olea L., Juri M.J.D. 2014). First report of myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) in a diabetic foot ulcer patient in Argentina. Korean J Parasitol. 52(1):89 - 92.
- 97) Oliveira, C.M.B., Mova, G.E., Mello, R.P. (1982). Flutuacao populacional de *Cochliomyia hominivorax* no municipio de Itaguaí, Rio de Janeiro. Pesquisa veterinaria brasileira= Brazilian journal of veterinary research.
- 98) Oliveira, C.M.N. (1979). *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858): Classificação, distribuição e biología. En: Seminario nacional sobre parasitoses dos bovinos, Anais do 1º Seminario Nacional sobre Parasitoses dos bovinos. Campo Grande, MS.
- 99) Orcellet, V. (2005). Sobrevida del Estadio Pupario de *Cochliomyia Hominivorax*, en Laboratorio bajo Determinadas Condiciones de Humedad y Temperatura. FAVE Sección Ciencias Veterinarias, 4(1/2): 7-16.

- 100) Ortiz, M. (2005). Evaluación de cuatro tipos de leche en la dieta larvaria de *Cochliomyia hominivorax* (coquerel). Universidad de la Salle. Tesis de Pregrado. Facultad de Medicina Veterinaria, Bogotá D.C.
- 101) Parman, D.C. (1945). Effect of weather on *Cochliomyia Americana* and review of methods and economic applications of the study. *Economical Entomology*. 38: 66 - 76
- 102) Petraccia, C. (1994). Miasis cutáneas por *Cochliomyia hominivorax*. En: Enfermedades parasitarias de importancia económica en bovinos. Nari, A. y Fiel, C. Ed. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. pp: 423-434
- 103) Phillips, P.L., Welch, J.B.; Kramer, M. (2004). Seasonal and Spatial and Distributions of Adult Screwworms (Diptera: Calliphoridae) in the Panama Canal Area, Republic of Panama. *Journal of Medical Entomology*. (41): 121-129.
- 104) Pontes, J.B.; Severo, J.E.V.; Garcia, E F.C.; Colares, R.; Kohek Junior, I.; Reverbel, M.S. (2009). Projetodemonstrativo de controle e possível erradicação da mosca da bicheira. *Hora Veterinária, Porto Alegre*, (171): 27-30.
- 105) Porretta, D.; Canestrelli, D.; Bellini, R.; Celli, G.; Urbanelli, S. (2007). Improving insect pest management through population genetic data: a case study of the mosquito *Ochlerotatus caspius* (Pallas). *Journal of Applied Ecology*, (44): 682-691.
- 106) Quijada P., Bethencourt J.J., Ríos A., AguirreL.I., Sulbarán L, García F. (2012). Cutaneous myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae) in children with pediculosis: Report of two cases. *Entomotropica*. 27 (2):93-99.
- 107) Reichard, R.E. (2002). Area-wide biological control of disease vectors and agents affecting wildlife. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 21 (1): 179-185.
- 108) Reinoso Quezada S., Alemán Iñiguez J.M. (2013). Rara miasis maxilar por *Cochliomyia hominivorax*. Reporte de caso, actualidad y entomología. *Rev. Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*. 38(2): 111-116.
- 109) Ribeiro Silveira, G. (1991). Micro himenópteros parasitódes de *C. hominivorax* Coq. (Dipetra: Calliphoridae): Ocorrencia e aspectos da relacao hopsede-Hospedeiro. Tesis. Maestria en Biología. Insituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP (Brasil).
- 110) Richardson, R.; Ellison, J.; Averhoff, W. (1982). Autocidal Control of Screwworms in North America. *Science, New Series*. 215. 4531.: 361 – 370
- 111) Ribeiro M.C., De Oliveira Pepato. A, De Matos F.P., Sverzut C.E., Abrahão A.A.C, Trivellato A.E. (2012). Oral myiasis in an elderly patient. *Gerodontology*. 29(2):1136 - 1139

- 112) Rocha, E.M., Yvanoff, J.L., Silva, L.M., Prado, A.P., Caldato, R. (1999). Massive orbital myiasis infestation. *Archives of ophthalmology*, 117 (10):1436 - 1437.
- 113) Robinson, A., Vreysen, M., Hendrichs, J., Feldmann, U. (2009). Enabling technologies to improve area-wide integrated pest management programmes for the control of screwworms. *Medical and Veterinary entomology*, 23(s1):1 - 7.
- 114) Rodríguez, H., Rojas, F., Álvarez, L., Parra, A. (2011). Epidemiología y control de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) gusano barrenador del ganado del nuevo mundo. In: H. Quiroz, J. Figueroa, F. Ibarra, M. López (Eds.), *Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos* (pp. 403 – 416). México D.F.
- 115) Rodríguez Diego J.G., Córdova G. (2007). First notification of cattle screw worm (*Cochliomyia hominivorax*) in a human case, in Cuba. *Rev. Salud Anim.* 29 (3):193.
- 116) Sherman, R.; Hall, M.; Thomas, S. (2000). Medicinal Maggots: An Ancient Remedy for Some Contemporary Afflictions². *Annual Reviews of Entomology*. 45, 140 – 81
- 117) Silva, N.M.; Azeredo Espin, A.M.L. (2009). Investigation of mutations associated with pyrethroid resistance in populations of the New World screwworm by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). *Genetics and molecular research*, Ribeirão Preto, 8, 1067-1078.
- 118) Silva, C.E.; Borja, G.E.M.; Azambuja, P. (2008). Use of polyester pad as a new physical substrate for rearing *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae) larvae. *Neotropical Entomology*, Londrina, 37, 349-351.
- 119) Snow J.W., Whitten C.J., Salinas A., Ferrer J., Sudlow W.H. (1985). The Screwworm, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae), in Central America and Proposed Plans for its Eradication South to Darien Gap in Panama. *Journal of Medical Entomology*; 22 (4):353 - 360.
- 120) Spencer, J.; Snow, J.; Coppedge, J.; Whitten, C. (1981). Seasonal Occurrence of the Primary and Secondary Screwworm (Diptera: Calliphoridae) in the Pacific Coastal Area of Chiapas, Mexico during 1978-1979. *Journal of Medical Entomology*. 18, (3):240 – 243
- 121) Tabachnick, W.J.; Black, W.C. (1995). Making a case for molecular population genetic-studies of arthropod vectors. *Parasitology Today*, 11, 27 - 30.
- 122) Thyssen P.J., Nassu M.P., Costella A.M.U., Costella M.L. (2012). Record of oral myiasis by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae): Case evidencing negligence in the treatment of incapable. *Parasitol Res.* 111(2):957-959.

123) Thomas, D.B. (1989). Survival of the stage of the screwworms *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae) in subtropical Mexico. Journal of Entomology. Sci. 24: 321 – 328.

124) Thomas D.B. (1987). Incidence of Screwworm (Diptera: Calliphoridae) and Torsalo (Diptera: Cuterebridae) Myiasis on the Yucatan Peninsula of Mexico. Journal of Medical Entomology; 24:498 - 502.

125) Thomas, D.B.; Mangan, R.L. (1989). Oviposition and wound-visiting behaviour of the screwworm fly, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). Annals of the Entomological Society of America, 82, 526 - 534.

126) Thomas, D.B. (1991). Time activity budget of screwworm behavior (Diptera: Calliphoridae). Journal of Medical Entomology, 28, 372 - 377.

127) Torres, T.T.; Azeredo Espin, A.M.L. (2009). Population structuring in new world screw-worm populations from the Caribbean: insights from microsatellite data. Medical and Veterinary Entomology, 23, 23-31.

128) Torres, T.T.; Lyra, M.L.; Fresia, P. y Azeredo Espin, A.M. (2007). Assessing Genetic Variation in New World Screwworm *Cochliomyia hominivorax* Populations from Uruguay. Ed. Vreysen, M.J.B.; Robinson, A.S.; Hendrichs, J. pp 183-191.

129) Touré S.M. (1994). Les myiases d'importance économique. Rev Sci Tech Off Int Epiz. 13(4):1053-1073.

130) Valledor, M.S.; Petraccia, L; Cabral, P; Castro, O.; Décia, L; Xavier, V; Altuna, M; Marques, L; Casás, G; Dominguez, D. Y Lado, P. (2009). Resultados del Diagnóstico de Miasis obtenidas en el Departamento de Artigas durante 13 semanas (Enero-Abril 09). 6tas Jornadas Técnicas. Facultad de Veterinaria Udelar. 19 y 20 de Noviembre. CD-ROM

131) Valledor, M.S.; Petraccia, L; Cabral, P.; Décia, L. (2010). Diagnosticado y descripción de las características morfológicas de los intar 1, 2 y 3 de *Cochliomyia hominivorax* en el departamento de Artigas (Enero-Abril 09). XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Mac Center Shopping Paysandú, Uruguay. 3 al 5 de Junio. CD- ROM.

132) Vargas-Terán, M.; Hofmann, H.C.; Tweddle, N.E. (2005). Impact of screwworm eradication programmes using the sterile insect technique. En: Dyck, V.A.; Hendrichs, J.; Robinson, A.S. Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management. Berlin: Springer. p. 629 - 650.

133) Visciarelli E.C., García S.H., Salomón C., Jofré C., Costamagna S.R. (2003). Un caso de miasis humana por *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) asociado a pediculosis en Mendoza, Argentina. Experiencia Clínica. Parasitología Latinoamericana; 58:166 - 168.

134) Vreysen, M.J.B.; Gerardo Abaya, J.; Cayol, N.P. (2007). Lessons from area-wide integrated pest management (AW-IPM) programmes with an SIT component: an FAO/IAEA perspective. En: Vreysen, M.J.B.; Robinson, A.S.; Hendrichs, J. Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. Dordrecht: Springer, p. 723 - 744.

135) Wall, R., Shearer, D. (2001). Adult flies (Diptera). En: Veterinary Ectoparasites: biology, pathology and control. Second Edition. 83 – 113 p.

136) Woodford, M. H. (1992). The potential impact of the New World screwworm *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) on wildlife in Africa, the Mediterranean Basin, the Near East and Asia. Technical Report, March 1991. SCNA/INT7001/MUL. FAO, Rome, Italy.

137) Wyss, J.H. y Galvin, T.J. (1996). Central America regional screwworm eradication program (benefit/cost study). Ann. N.Y. Acad. Sci. 791 (23):241 - 247

138) Wyss, J.H. (2000). Screw-worm eradication in the Americas – overview. En: Tan, K.-H. (Ed.). Area-wide control of fruit flies and other insect pests. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia, 79-86.

7. ANEXOS

Informe estadístico

mosca01.r

SV

MonApr 30 08:58:25 2018

#hREFERENCIA:

#<http://www.sthda.com/english/wiki/correlation-test-between-two-variables-in-r#what-is-correlation-test>

ation-test

emergencia=c(7,10,10,8)

temperaturasueloprom=c(15.5,14.4,14.3,14.0)

cor.test(emergencia, temperaturasueloprom, method = "pearson")

##

```

## Pearson's product-moment correlation
##
## data: emergencia and temperaturasueloprom
## t = -1.0416, df = 2, p-value = 0.407
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.9899134 0.8558458
## sample estimates:
## cor
## -0.59305
plot(emergencia, temperaturasueloprom)
humedad=c(95,90,95,88)
cor.test(emergencia, humedad, method = "pearson")
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: emergencia and humedad
## t = -0.088475, df = 2, p-value = 0.9376
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.9655822 0.9560181
## sample estimates:
## cor
## -0.06243905
plot(emergencia, humedad)
temperaturamediamin=c(7.8,10.6,10.3,17.8)
cor.test(emergencia, temperaturamediamin, method = "pearson")
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: emergencia and temperaturamediamin
## t = -0.063959, df = 2, p-value = 0.9548
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.9643914 0.9574828
## sample estimates:
## cor
## -0.04517995
plot(emergencia, temperaturamediamin)
lluviaacum=c(0.0,0.5,2.2,1.6)
cor.test(emergencia, lluviaacum, method = "pearson")
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: emergencia and lluviaacum
## t = 0.77617, df = 2, p-value = 0.5189
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.8927895 0.9861936
## sample estimates:
## cor
## 0.4811332
plot(emergencia, lluviaacum)
pcthumedad=c(94.7,90.3,95.2,87.5)
cor.test(emergencia, pcthumedad, method = "pearson")

```

```
##  
## Pearson's product-moment correlation  
##  
## data: emergencia and pcthumedad  
## t = 0.044846, df = 2, p-value = 0.9683  
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -0.9585924 0.9634343  
## sample estimates:  
## cor  
## 0.03169498  
plot(emergencia, pcthumedad)
```