



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES,
EXACTAS Y TECNOLOGÍA



ESCUELA DE BIOLOGÍA

Título

**Efectos microclimáticos sobre la prevalencia e intensidad parasitaria de
Cuterebra baeri en *Alouatta palliata aequatorialis* del Parque Nacional
Soberanía, Panamá.**

Autora:

Jeami Damaris Newbold Bernal

**Trabajo de Graduación presentado
para optar por el Título de Licenciado
en Biología con orientación en
Microbiología y Parasitología**

Panamá, 2025



TRIBUNAL EXAMINADOR

Título:

**“Efectos microclimáticos sobre la prevalencia e intensidad parasitaria de
Cuterebra baeri en *Alouatta palliata aequatorialis* del Parque Nacional
Soberanía, Panamá”**

Por:

Jeami Newbold Bernal

8-964-752

**Trabajo de Graduación presentado a consideración de la Escuela de Biología
como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura en Biología
con Orientación en Microbiología y Parasitología.**

MSc., Nivia ríos

Pedro Méndez-Carvajal, PhD

M en N Karol Gutiérrez-Pineda MN

DEDICATORIAS

A Rufina Bernal,

A mi madre, mi guía, mi ejemplo de esfuerzo y la razón por la que nunca he dejado de soñar. Gracias por enseñarme, con tus sacrificios, que todo se puede lograr con trabajo, valentía y corazón. Eres mi inspiración constante, mi fuerza en los momentos difíciles y el motivo por el que cada meta tiene aún más sentido. Gracias por estar siempre, por darme todo sin pedir nada, esta meta también es suya, mamá.

A Sara Newbold,

Mi querida hermana, gracias por ser mi ejemplo más grande, mi consejera y mi compañera incondicional. Por cada palabra de aliento, por escucharme y por estar siempre presente cuando más te necesitaba. Este logro no es solo mío, sino el reflejo fiel de tu apoyo constante y tu amor inquebrantable. Todo lo que soy lleva un poco de ti.

A Ramón Velásquez,

Por ser más que un hermano, un verdadero pilar en mi vida. Gracias por cuidarme siempre, por enseñarme con tu fortaleza y ejemplo que, aun en los momentos más difíciles, es posible salir adelante. Aprecio profundamente tu compañía constante y tu cariño sincero, los cuales han sido un gran apoyo en mi camino.

A Ofelia Rivera,

Gracias por tu amor sin medida, por cada consejo dado con sabiduría y ternura, y por enseñarme a tener una relación profunda con Dios.

Su fe constante, su paciencia y su cariño me acompañaron en cada paso de este camino.

A Jaime Newbold (Q.E.P.D.),

Mi padre amado, gracias por creer siempre en mí. Por cada risa compartida, por cada historia que aún vive en mi memoria, y por ser una de mis mayores motivaciones para seguir adelante. Sus enseñanzas y su amor por mí me acompañan en cada paso. Este logro también le pertenece.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP) y al Grupo de Investigación de Primatología de la Universidad de Panamá (GIP-UP), por brindarme la capacitación necesaria para llevar a cabo este proyecto, permitirme formar parte activa de la comunidad científica en Panamá y por el invaluable apoyo en equipo, recursos e insumos que hicieron posible la realización de esta tesis.

Quisiera destacar el apoyo del PhD Pedro Méndez-Carvajal, un ejemplo a seguir, su compromiso inquebrantable con la ciencia, la investigación y la conservación de los primates en Panamá ha marcado un camino claro para quienes lo seguimos. Gracias a su guía constante, pude superar cada reto y mantenerme enfocada que fue fundamental para el éxito de este trabajo.

Asimismo, agradezco profundamente a la Magíster Karol Gutiérrez-Pineda, por sus sabios consejos, el tiempo dedicado a mi formación y su entrega en la enseñanza de la primatología. Su compromiso y pasión por la ciencia han sido una fuente constante de inspiración para mi crecimiento académico y personal.

Mi gratitud también se extiende a la Magíster Nivia Ríos, cuya pasión por la enseñanza, su estructura y guía demostrada desde las clases me acompañó en cada proceso. Gracias a su dedicación y compromiso, comprendí la relevancia de los microorganismos y parásitos, así como su estrecha relación con la salud de los hospedadores. Su guía y dedicación dejaron una huella imborrable en mi formación académica y personal. Su paciencia para responder cada pregunta, su recordatorio constante de que el tiempo de Dios es perfecto.

Agradezco al Panamá Rainforest Discovery Center por el apoyo brindado durante el trabajo de campo y por el hospedaje durante la investigación. En particular, agradezco a todo el personal, especialmente a Yuri, María, Luisa, Carlos, Segundo y Edwin, quienes, con su amabilidad y constante apoyo, hicieron de cada momento una experiencia más grata.

A Vaneza Batista, mi inseparable compañera de campo y amiga, gracias por mantener siempre la motivación a pesar del cansancio, por escucharme en cada jornada y por tu ayuda incondicional.

A mi hermana Sara Newbold, por cada consejo brindado y por dedicar innumerables horas a leer y escuchar cada parte de este trabajo, aportando con su paciencia y apoyo inquebrantable. A mi mamá, cuya fe en mí ha sido el motor que me impulsa; gracias por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo lo que deseo está a mi alcance. Finalmente, a mis amigas Claudia, Nicole y Kirsy, por enseñarme a encontrar el equilibrio en la vida y por acompañarme en esta etapa tan significativa y especial.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO II: Interacciones Parasitarias: Miasis	21
Clasificación de las Interacciones parasitarias	22
Miasis.....	23
Según su dependencia que presentan las larvas con el hospedero:	23
Según la localización anatómica de la larva en el hospedero:	25
Clasificación de la familia de moscas causantes de miasis	31
Familia Oestridae	31
Subfamilia <i>Gasterophilinae</i> :	32
Subfamilia <i>Hypodermatinae</i> :	32
Subfamilia <i>Oestrinae</i> :	32
Subfamilia <i>Cuterebrinae</i> :.....	32
Genero <i>Cuterebra</i>	33
Relación <i>Cuterebra baeri</i> - <i>Alouatta palliata aequatorialis</i>	34
Ciclo biológico de <i>Cuterebra baeri</i>	36
Influencia de factores internos en las interacciones parasitarias	38
Influencia de factores climáticos en las interacciones parasitarias	39
Cambio climático	40
Actualidad	41
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	42
Área de estudio.....	43

Método de localización de los grupos de monos	44
Clasificación por sexo y edad de los monos.....	44
Identificación del sexo y edad	45
Medición de las variables microclimáticas del suelo	49
Análisis de los datos	50
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	52
Prevalencia e intensidad parasitaria de MCF de <i>Cuterebra baeri</i> en <i>Alouatta palliata aequatorialis</i>.....	53
Efecto de las variables microclimáticas del suelo en la prevalencia e intensidad parasitaria de MCF <i>Cuterebra baeri</i> en los monos aulladores (<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>).....	58
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	60
CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN	68
CAPÍTULO VII: Recomendaciones	70
Referencias	72
ANEXOS	84

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Lesiones de larvas de <i>Cochliomyia hominivorax</i> en humano (Calderón et al., 2018).	24
Figura 2. Larva de <i>Cuterebra esmaculator</i> en reodor (<i>Tamias striatus</i>) (Slansky, 2007).	25
Figura 3. Larvas de <i>Gasterophilus intestinalis</i> en el estómago de caballo.	25
Figura 4. Prolapso uterino causado por miasis urogenital de <i>Lucila</i> spp., (Siu y Peñarada, 2009).	26
Figura 5 Larva de <i>Oestrus ovis</i> en la parte interna de la conjuntiva ocular en un varón (Gioconda et al., 2018).	27
Figura 6. <i>Oestrus ovis</i> , en cavidad nasal y en senos paranasales (Matos et al., 2013).	28
Figura 7. Miasis ótica. A: larva de <i>Chrysomya bezziana</i> en conducto auditivo humano. B: mosca adulta y capsula de <i>Wohlfahrtia magnifica</i> (Poggioli et al., 2009; Karaman et al., 2009).	28
Figura 8. Miasis causada por <i>Dermatobia hominis</i> en humano y larva L3 foto por Ronald D. Cave y Roger Iván Rodríguez Vivas (Scholl et al., 2019; Jiménez et al., 2020).	29
Figura 9. Lavas de <i>Hypoderma ovis</i> en espalda de una vaca por J. Weintraub, Agriculture and Agri-Food Canada (Scholl et al., 2019).	30
Figura 10. <i>Cochliomyia hominivorax</i> A: mosca adulta; B: pupa; C: larva L2; D: larva L3 por Dalmiro Cazorla (Low et al., 2017).	30
Figura 11. Mono aullador parasitado con larvas de <i>Cuterebra baeri</i> (Milton, 1996).	31
Figura 12. Ciclo de vida de <i>Cuterebra baeri</i> (Newbold et al., 2024).	37
Figura 13. Mapa de área de estudio. Camino Del Oleoducto del PNS y las 3 parcelas.	43
Figura 14. Diferencias morfológicas de Individuos de mono aullador A: Adultos (Hembra a la derecha; Macho, el lado izquierdo), B: Hembra con cría; C: Infante; D-F: juveniles.	45
Figura 15. Bocetos de monos aulladores, A: vista anterior; B: Vista posterior (Newbold et al., 2024).	47
Figura 16. Descripción de los estadios larvales de <i>Cuterebra baeri</i> . A: Estadio larval 1, la abertura del poro poco visible o casi ausente. B: Estadio larval 2, crecimiento de la abertura del poro sin visualización del tórulo. C: Estadio larval 3, la abertura del poro recubre la mayor parte del forúnculo, en ocasiones se puede observar el movimiento del tórulo (Newbold et al., 2024).	48
Figura 17. Descripción de las parcelas. Puntos de toma de variables climáticas.	49
Figura 18. Equipo utilizado para la toma de variables microclimáticas del suelo.	50

Figura 19. A: Grafico de promedio y error estándar de la prevalencia de miasis cutánea furuncular de Cuterebra baeri en diferentes edades de monos aullador (<i>Alouatta palliata</i> <i>aequatorialis</i>). B: Grafico de promedio y error estándar de la intensidad de miasis.....	56
Figura 20. Modelo lineal generalizado 1 (MLG1): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la prevalencia miasis cutánea foruncular de Cuterebra baeri en los monos aulladores.	58
Figura 21. Modelo lineal generalizado 2 (MLG2): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la intensidad de miasis cutánea foruncular de Cuterebra baeri en los monos aulladores.	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Medidas parasitarias de <i>Cuterebra baeri</i> en monos aulladores	35
Cuadro 2. Descripción de las categorías de monos aulladores a observar.	46
Cuadro 3. Prevalencia de la miasis cutánea furuncular de <i>Cuterebra baeri</i> por mes en adultos de monos aulladores (<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.	54
Cuadro 4. Intensidad de la miasis cutánea furuncular de <i>Cuterebra baeri</i> por mes en adultos de monos aulladores (<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.	55
Cuadro 5. Prevalencia de la miasis cutánea furuncular de <i>Cuterebra baeri</i> por mes en adultos, juveniles e infantes de monos aulladores (<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.	56
Cuadro 6. Intensidad de la miasis cutánea furuncular de <i>Cuterebra baeri</i> por mes en adultos, juveniles e infantes de monos aulladores (<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.	57
Cuadro 7. Modelo lineal generalizado 1 (MLG1): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la prevalencia miasis cutánea foruncular de <i>Cuterebra baeri</i> en los monos aulladores.	58
Cuadro 8. Modelo lineal generalizado 2 (MLG2): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la intensidad de miasis cutánea foruncular de <i>Cuterebra baeri</i> en los monos aulladores.	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de las variables microclimáticas en la parcela Juan Grande	85
Anexo 2 . Conteo de lesiones de MCF por C. baeri en el Camino del Oleoducto del PNS.	85
Anexo 3. Zona de Acampar del Panamá Rainforest Discovery Center.	86
Anexo 4. GPS (Garmin Etrex 10) utilizado durante los meses de muestreo.	86
Anexo 5. Equipo utilizado Para medir las variables microclimáticas.	87
Anexo 6. Equipo de muestreo durante los 12 meses de estudio.	87

RESUMEN

Cuterebra baeri es una mosca que ocasiona miasis cutánea foruncular siendo sus hospederos principales poblaciones del género *Alouatta*. Presenta una estacionalidad marcada con múltiples generaciones, con uno a tres picos máximos de infestación por año. Esta estacionalidad se ve influenciada por las condiciones climáticas teniendo mayor incidencia de *C. baeri* en la mitad y finales de la estación lluviosa. El objetivo fue evaluar el efecto de las variables microclimáticas del suelo en la prevalencia e intensidad de la miasis cutánea foruncular de *C. baeri* en la infestación a los monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*) del Parque Nacional Soberanía. Para evaluar las condiciones microclimáticas del suelo (temperatura, humedad y pH), realicé tres parcelas de 10 x 15 m. Contamos las Miasis Cutánea Foruncular (MCF) en adultos (machos y hembras) e inmaduros (juveniles e infantiles) a través del método Animal-Focal (AF) durante 12 meses. Se obtuvo una prevalencia $\bar{x} 54.9 \pm 3.3$ EE y una intensidad $\bar{x} 2.8 \pm 0.3$ EE de MCF por *C. baeri* en los AF. Encontré que el pH del suelo combinado con la variable temperatura influyen en la prevalencia de MCF. También encontré que la humedad del suelo tiene un efecto en la intensidad de MCF. Los datos generados y analizados en este estudio sugieren que factores intrínsecos como los microclimáticos del suelo (pH, temperatura y humedad) tienen un efecto en la dinámica del parasitismo por *C. baeri*. Este estudio resalta la importancia de considerar los factores ambientales abióticos del suelo como el pH, temperatura y humedad al evaluar la ecología parasitaria de *C. baeri* y de esta forma predecir las infestaciones en monos aulladores de un ecosistema.

Palabras claves: *Cuterebra baeri*, mono aullador, miasis cutánea foruncular, humedad, temperatura, pH, suelo.

ABSTRACT

Cuterebra baeri is a fly that causes cutaneous myiasis, with its main hosts being populations of the genus *Alouatta spp.* It has a marked seasonality with multiple generations, with one to three peak infestation periods per year. This seasonality is influenced by climatic conditions, with a higher incidence of *C. baeri* in the middle and end of the rainy season. The objective was to evaluate the effect of soil microclimatic variables on the prevalence and intensity of *C. baeri* cutaneous myiasis in howler monkeys (*Alouatta palliata aequatorialis*) in Soberanía National Park. To evaluate soil microclimatic conditions (temperature, humidity, and pH), I set up three 10 x 15 m plots. We counted cutaneous foruncular myiasis (CFM) in adults (males and females) and immature individuals (juveniles and infants) using the Animal-Focal (AF) method for 12 months. A prevalence of $\bar{x} 54.9 \pm 3.3$ SE and an intensity of $\bar{x} 2.8 \pm 0.3$ SE of *C. baeri* CFM were obtained in the AF. I found that soil pH combined with the variable temperature influences the prevalence of CFM. I also found that soil moisture influences the intensity of CFM. The data supports the idea that intrinsic factors such as soil microclimate (pH, temperature, and moisture) influence the dynamics of *C. baeri* parasitism. This study highlights the importance of considering soil conditions when evaluating the parasitic ecology of *C. baeri* and predicting infestations in howler monkeys in an ecosystem.

Keywords: *Cuterebra baeri*, howler monkey, cutaneous myiasis, moisture, temperature, pH, soil.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La exposición constante de los dípteros a las variaciones climáticas, pueden afectar su desarrollo, reproducción, comportamiento e incluso las dinámicas de sus interacciones parasitarias, por lo que han incrementado su capacidad adaptativa a estas fluctuaciones y son considerados buenos modelos de estudio (Paquette et al., 2020; Degracia et al., 2024).

Estas adaptaciones se observan en diferentes etapas de su ciclo de vida mediante diversas estrategias para lograr su supervivencia, reflejando una marcada dependencia a los cambios estacionales en distintas fases de su desarrollo (Francesconi y Lupi, 2012; Scholl, 2019).

Por ejemplo, el ciclo biológico de la mosca *C. baeri* causante de miasis cutánea foruncular que presenta una alta especificidad con sus hospederos los monos aulladores (*Alouatta spp.*) y se ha reportado que tiene una estacionalidad marcada, que se refleja en su dependencia a las condiciones ambientales en distintas fases de su ciclo de biológico, que consiste en cuatro estadíos; siendo el huevo su primer estadío con una duración de alrededor de 5 días, los cuales se han reportado que eclosionan a una temperatura de 26°C, y no ocurre de manera sincrónica (Milton, 1996; Colwell y Milton, 1998; Colwell, 2001; Scholl et al., 2019).

Su segundo estadío es la larval que se desarrolla dentro del forúnculo en el hospedero y dura alrededor de 6 semanas, es en esta etapa, donde las larvas de la mosca se alimentan de tejido vivo y líquidos corporales del hospedero, lo que puede afectar la respuesta inmunitaria del individuo (Catts, 1982; Colwell, 2001; Maciá et al., 2023; Scholl et al., 2019). Además, es en este estadio del ciclo, donde se ocasionan los efectos patológicos como inflamación, irritación, secreciones, deshidratación, propiciando infecciones bacterianas secundarias e incluso la parasitosis de otros tórsalos como *Cochliomyia hominivorax* (gusano barrenador) en los monos aulladores (Milton, 1996; Roncancio et al., 2018).

Su tercer estadio es la pupa, que da inicio cuando la larva cae del hospedero y se entierra en el suelo por aproximadamente 6 semanas en el caso moscas macho y 7 semanas para las moscas hembra y dependiendo de las condiciones climáticas como la humedad entre 85-95% que favorece su emergencia del suelo (Milton,1996; Colwell y Milton,1998; Colwell,2001).

Su último estadio, mosca adulta dura aproximadamente 5 días (Milton, 1996). Por lo antes expuesto, le toma alrededor de 13 semanas para cumplir con su ciclo de vida, pudiendo completar aproximadamente tres generaciones al año (Milton,1996; Colwell y Milton,1998; Colwell,2001).

Debido a esta relación altamente específica con los monos aulladores, *C. baeri* es comúnmente conocido como el tórsalo del mono aullador. Se ha propuesto que su coevolución con *Alouatta* spp., representa una forma de control biológico natural, donde la continuidad y equilibrio entre parásito-hospedero puede ser indicativa de la salud ecológica de los bosques tropicales donde ambos coexisten (Colwell y Milton, 1998).

Un estudio realizado en Isla Barro Colorado (IBC) en Panamá encontró que individuos de *A. p. aequatorialis* estaban expuestos anualmente a uno o tres picos máximos de infestación de *C. baeri*, con un 48-78% de prevalencia y una intensidad promedio de infestación de 2.8 larvas por individuo siendo más abundantes a finales de la temporada lluviosa (Milton, 1996). Sin embargo, esto puede variar según los países y sus condiciones climáticas, como se observa en el Neotrópico; en Norteamérica la prevalencia más alta de parasitismo de larvas del género *Cuterebra* spp., ocurre en la estación seca (Manrique-Saide et al., 2000). Mientras que en Sudamérica la prevalencia más alta de parasitismo ocurre en las estaciones lluviosas (Cruz et al., 2009).

Sin embargo, en la actualidad existe un desconocimiento amplio de esta interacción, es por esto, que es importante el monitoreo constante de la prevalencia de *C. baeri* en las poblaciones de monos aulladores y determinar realmente qué factores influyen en la interacción *C. baeri*/*A. p. aequatorialis* para poder desarrollar estrategias que constituyan su control, en caso de ocurrir alteraciones en esta interacción.

Por todas las razones expuestas, mi objetivo fue estudiar el efecto de las variables microclimáticas del suelo en la prevalencia e intensidad de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*) del Parque Nacional Soberanía. Estableciendo tres hipótesis, la primera es que existen variaciones en la prevalencia e intensidad parasitaria de *Cuterebra baeri* entre adultos machos y hembras de monos aulladores *A. p. aequatorialis* del Sendero del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía. La segunda hipótesis es que existen variaciones en la prevalencia e intensidad parasitaria de *Cuterebra baeri* entre individuos de diferentes edades de *A. p. aequatorialis* en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía y la última hipótesis es que la prevalencia e intensidad parasitaria de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores está influenciada por las variables microclimáticas del suelo como la temperatura, humedad y pH.

CAPÍTULO II: Interacciones

Parasitarias: Miasis

Clasificación de las Interacciones parasitarias

El parasitismo es la interacción entre dos organismos donde el parásito depende de su hospedero, del cual consiguen los nutrientes para su desarrollo durante una parte o todo su ciclo de vida (Gunn y Pitt, 2022). Esta interacción está presente en todos los grandes grupos de organismos vivos (*Archea*, *Bacteria*, *Fungi*, *Plantae*, *Protozoa*, invertebrados y vertebrados) y sus efectos presentan gran variabilidad por especies de parásito y hospedero debido a los distintos grados de dependencia metabólica que requiera el parásito y la capacidad de adaptación de los hospederos (Gunn y Pitt, 2022).

Las interacciones parasitarias se pueden clasificar por diferentes criterios que permiten comprender la relación parásito hospedero (Drago, 2017). Entre las clasificaciones comunes están tres grandes categorías que dividen: Por su grado de dependencia del hospedero; Parásitos obligados, siendo todos los parásitos que dependen completamente del hospedero para su desarrollo y supervivencia en una parte o todo su ciclo de vida (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007; Drago, 2017).

Parásitos facultativos, estas especies suelen ser de vida libre, pero tienen la capacidad de adoptar una vida parásita en ciertas condiciones (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007; Saravia, 2018). Parásitos accidentales, incluye a las especies que por lo general son de vida libre, pero accidentalmente o casual entra en contacto con un hospedero o que no es habitual y logra desarrollarse, pero no que está adaptada para hacerlo de manera constante (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007). Parásitos erráticos, son los parásitos que dentro de sus hospederos se localizan en una zona anómala de un tejido u órgano diferente al usual para su especie (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007).

Por la duración de la interacción se divide en; parásitos temporales, incluye a las especies que solo son parásitos para la obtención de alimento y luego abandonan al hospedero (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007; Gunn y Pitt, 2022). Parásitos periódicos, incluye a las especies que solo presentan su vida parásita en un determinado momento o parte de su ciclo de vida y luego abandonan a su hospedero (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007; Saravia, 2018).

Parásitos permanentes, estas especies viven en el hospedero durante todo su ciclo de vida, todos los estadios de desarrollo y sólo abandonan el hospedero para parasitar a otro (Drago, 2017).

Y según su ubicación en el hospedero; endoparásitos que estos incluyen a los que se encuentran en la parte interna del hospedero por ejemplo los parásitos gastrointestinales (Cordero del Campillo y Rojo Vásquez, 2007). Mesoparásitos que son los parásitos que viven incrustados en superficies externas del cuerpo del hospedero y los ectoparásitos, que incluyen todos los organismos que se encuentran en la parte superficial de los hospederos como las garrapatas ácaros y larvas de moscas (Drago, 2017; Gunn y Pitt, 2022).

Miasis

Es la invasión de las larvas de moscas a tejidos de animales vertebrados, para la obtención de nutrientes necesarios para su desarrollo a partir de tejido vivo (biontófagos), muertos (necrobiontófagos) o directamente de los alimentos consumidos por el hospedero (Scholl et al., 2019; Maciá et al., 2023)

Las miasis se clasifican comúnmente de dos formas, según la dependencia que presenten las larvas con el hospedero y por la localización anatómica de la larva en el hospedero (Páez Díaz y Villa Arteta, 2017).

Según su dependencia que presentan las larvas con el hospedero:

Miasis obligatoria

Donde incluye a las moscas que solo son capaces de desarrollarse en los tejidos vivos o muertos de sus hospederos por lo que tienen dependencia estricta a ser parásitos como lo son las moscas que pertenecen a la familia *Oestridae* un ejemplo serían *Cochliomyia hominivorax* (gusano barrenador) que es considerado una plaga de importancia económica por su impacto sanitario en animales de vida silvestre y domésticos (Dutra, 2018; Scholl et al., 2019).

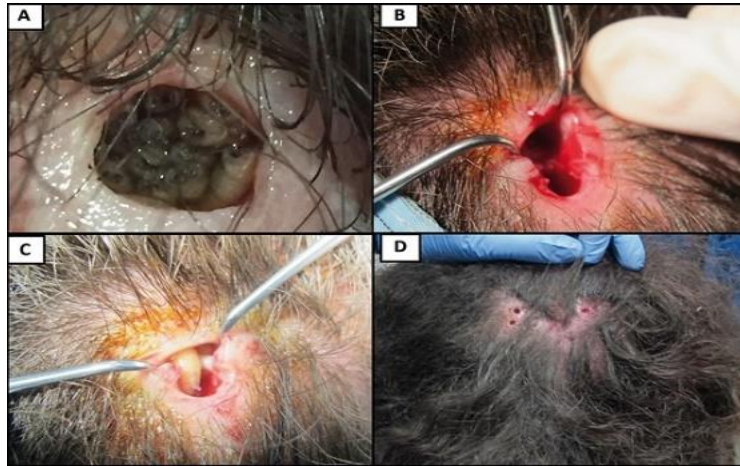


Figura 1. Lesiones de larvas de *Cochliomyia hominivorax* en humano (Calderón et al., 2018).

Miasis facultativa

Incluye a las moscas saprófagas de vida libre o parásitas ya que se pueden desarrollar en tejidos vivos o en sustratos con materia orgánica (Francesconi et al., 2012; Scholl et al., 2019; Maciá et al., 2023).

Miasis accidental (pseudomiasis)

Este tipo de miasis es poco común ya que se da por la ingesta de alimentos contaminados previamente por huevos larvas de moscas de vida libre como las *Drosophila spp.*, (Francesconi et al., 2012; Scholl et al., 2019; Maciá et al., 2023).

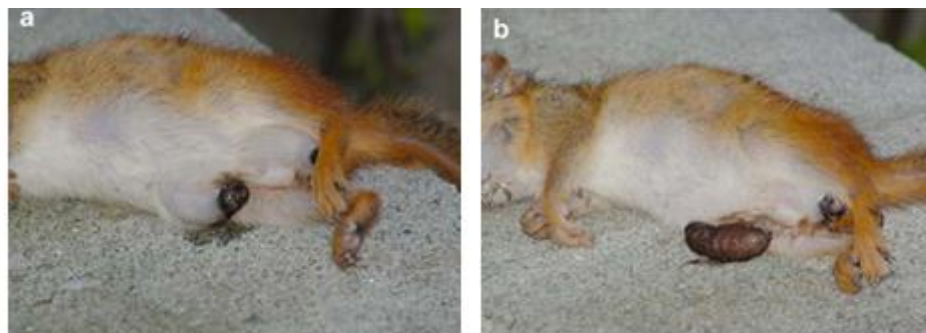


Figura 2. Larva de *Cuterebra esmaculator* en reodor (*Tamias striatus*) (Slansky, 2007).

Según la localización anatómica de la larva en el hospedero:

La clasificación por el lugar de invasión o desarrollo de las larvas es extensa, algunas de ellas son las gastrointestinal, urogenital, oftálmicas, nasofaríngeas, auricular, cutáneas entre otras (Slansky, 2007; Scholl et al., 2019).

Miasis gastrointestinal

Hace referencias a las miasis que se establecen en el tracto alimenticio de su hospedero, también incluye a las miasis entérica que son específicas del intestino, las miasis gastrointestinal puede ocurrir de dos maneras las obligatorias como *Gasterophilus intestinalis* que se desarrolla en el estómago o intestino de los equinos y de manera accidental por ingerir las larvas indirectamente de moscas de vida libre que se encuentran en alimentos, excremento o materia en descomposición como ejemplo la *Musca domestica* (Mosca del estiércol) o *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta) (Scholl et al., 2019).



Figura 3. Larvas de *Gasterophilus intestinalis* en el estómago de caballo (SESC-IRTA-CReSA, 2010).

Miasis Urogenital

Incluyen a todas las moscas que sus larvas se desarrollen en la Uretra o genitales de sus hospederos, esta infestación se da con hospederos debilitados por infecciones o que presenta las aberturas urogenitales expuestas, por lo general está asociada con moscas de vida libres o facultativas y con la contaminación de alimentos, ejemplo *Fannia canicularis* (mosca domestica menor), *Psychoda albipennis* (mosca de la humedad) *Lucila spp.*(mosca verde de botella) (Francesconi et al., 2012; Scholl et al.,2019).



Figura 4. Prolapso uterino causado por miasis urogenital de *Lucila spp.*, (Siu y Peñarada, 2009).

Miasis oftálmicas

Incluyen a las larvas de moscas que infestan desde la superficie de los ojos, párpados, saco lagrimal hasta estructuras más profundas, causando ardor, picazón, enrojecimiento de la zona en caso severos, hemorragia y ceguera, por lo general son causados por las moscas que infestan las zonas nasales como *Oestrus ovis* (Francesconi et al., 2012; Scholl et al.,2019).

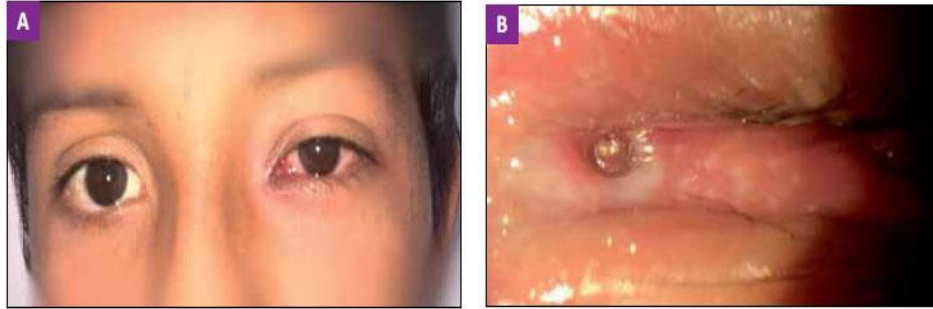


Figura 5 Larva de *Oestrus ovis* en la parte interna de la conjuntiva ocular en un varón (Armas et al., 2018).

Miasis nasofaríngeas

Infestación de las cavidades nasales, senos paranasales y faringe, sus principales síntomas serían prurito, estornudos, obstrucción y daño del tejido nasal, puede estar asociada a hospederos con infecciones microbianas o sanos, ejemplo están las especies del género *Oestrus sp.* y *Rhinostrus sp.* a diferencia en comparación a las otras moscas causantes de miasis es la mosca adulta coloca los huevos directamente sobre las fosas nasales de sus hospederos donde migran al útero para su desarrollo pero regresan a la zona nasofaríngeas para completar su desarrollo larval (Scholl et al., 2019).



Figura 6. *Oestrus ovis*, en cavidad nasal y en senos paranasales (Matos et al., 2013).

Miasis auriculares

Invasión de los conductos auriculares por las larvas de moscas se consideran accidentales y las más comunes son las moscas de carne (*Sarcophagidae*), ocasionando daño en el tejido, uno ejemplo *Wohlfahrtia magnifica* (Scholl et al., 2019).

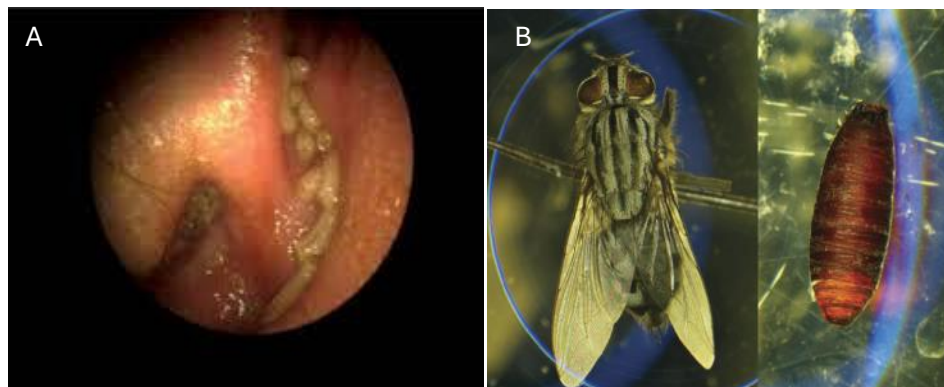


Figura 7. Miasis ótica. A: larva de *Chrysomya bezziana* en conducto auditivo humano. B: mosca adulta y capsula de *Wohlfahrtia magnifica* (Poggioli et al., 2009; Karaman et al., 2009).

Miasis cutáneas

Incluyen miasis foruncular que consisten en la formación de nódulos en la piel del hospedero con una o más larvas en ella variando de acuerdo con la especie de mosca, y cuentan con un poro central donde se puede visualizar de manera directa la larva (Francesconi et al., 2012; Scholl et al., 2019). Este sería el caso de *C. baeri* o *Dermatobia hominis*.

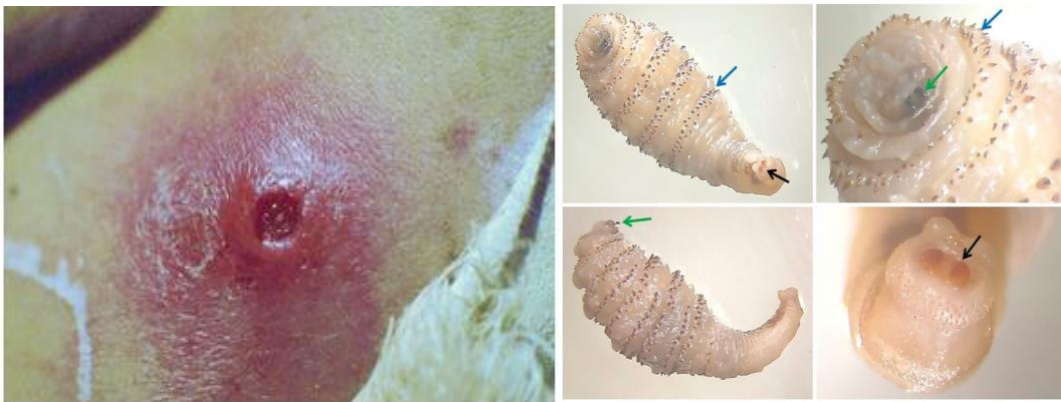


Figura 8. Miasis causada por *Dermatobia hominis* en humano y larva L3 foto por Ronald D. Cave y Roger Iván Rodríguez Vivas (Scholl et al., 2019; Jiménez et al., 2020).

Miasis migratoria:

En este caso la larva se desplaza por la piel lentamente como lo son las larvas de moscas del género *Hypoderma* (Scholl et al., 2019).

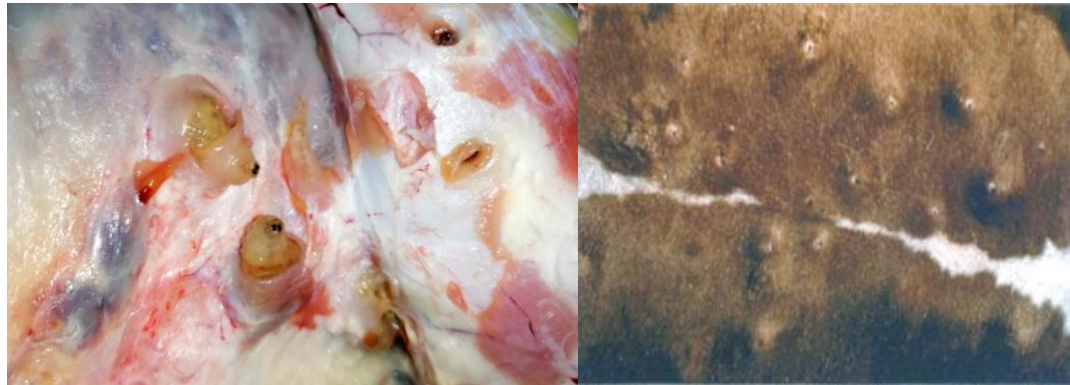


Figura 9. Lavas de *Hypoderma ovis* en espalda de una vaca por J. Weintraub, Agriculture and Agri-Food Canada (Scholl et al., 2019).

Miasis cutánea traumática:

Se da en heridas o laceraciones preexistentes en la piel del hospedero como los es *C. hominivorax* (Figura 10) (Scholl et al., 2019).

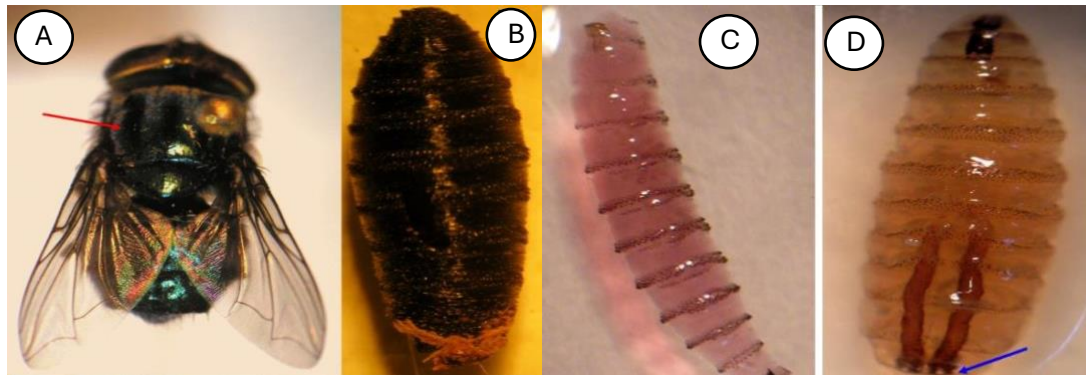


Figura 10. *Cochliomyia hominivorax* A: mosca adulta; B: pupa; C: larva L2; D: larva L3 por Dalmiro Cazorla (Low et al., 2017).

Miasis cutánea foruncular:

Incluye a las larvas de moscas que ocasionan heridas en forma de forúnculos en la piel sana y que requieren de oxígeno para su desarrollo por lo que se presenta un orificio en el centro conocido

como poro central e incluye especies de 4 géneros: *Dermatobia spp.*, *Cordylobia spp.*, *Wohlfahrtia spp.* y *Cuterebra spp* (Álvarez et al., 2010; Solomon et al., 2016).



Figura 11. Mono aullador parasitado con larvas de *Cuterebra baeri* (Milton, 1996).

Clasificación de la familia de moscas causantes de miasis

Familia Oestridae

Esta familia incluye a todas las especies de moscas causantes de miasis obligatorias de mamíferos de vida silvestre, domésticos y humanos, en todo el mundo, desde áreas paleárticas hasta áreas subtropicales y tropicales (Otranto et al., 2004). La morfología de los adultos es característica de esta familia, ya que son moscas grandes con cabeza ancha, aplanada con ojos pequeños, el tórax recubierto de vellos pilosos o de pelos densos largos, abdomen con tegumento brillante y con pelos densos igual que sus patas cortas y robustas (Colwell, 2001).

La familia *Oestridae* incluye 4 subfamilias *Gasterophilinae*, *Hypodermatinae*, *Oestrinae* y *Cuterebrinae*, cada una diferentes y distintivos tipos de oviposición, larvas morfológicamente diferentes y lugar de desarrollo dentro de sus hospederos, (Pape, 2001; Colwell, 2001; Scholl et al., 2019).

Subfamilia *Gasterophilinae*:

Sus hospederos principales son los equinos, presenta una distribución cosmopolita siendo *Gasterophilus spp.*, uno de los géneros representativos que causan miasis intestinal (Figura 3) (Colwell, 2001). Su ovoposición se da sobre el pelaje, después estas migran al tracto digestivo provocando irritaciones intestinales y hemorragias (Scholl et al., 2019).

Subfamilia *Hypodermatinae*:

Sus hospederos principales son bovinos, ciervos y logomorfos presenta una amplia distribución en América, Europa y Asia (Figura 9) (Colwell, 2001). Su género representativo es *Hypoderma spp.* causan una miasis dérmica en tejido subcutáneo produciendo inflamaciones, dolor daño en el cuero y tejido muscular incluso estas pueden migrar meses y afectar órganos internos (Slansky, 2007; Scholl et al., 2019).

Subfamilia *Oestrinae*:

Sus hospederos principales son los rumiantes comúnmente la ovejas y cabras, tiene distribución cosmopolita afectando principal a las zonas ganaderas (Colwell, 2001). su género representativo *Oestrus spp.* ocasionan principalmente miasis nasal causando problemas respiratorios, e incluso pueden migrar ocasionando miasis ocular (Figura 6) (Slansky, 2007; Scholl et al., 2019).

Subfamilia *Cuterebrinae*:

Esta subfamilia sólo presenta dos géneros; *Cuterebra spp.* y *Dermatobia spp.*, donde parasitan principalmente a humanos y animales, su especie más representativa es *Dermatobia hominis* una característica distintiva es que estos utilizan insectos vectores (mosquitos del género *Psorophara*) para depositar sus huevos los cuales eclosionan en minutos, y ocasiona una MCF (Figura 8) (Colwell,

2001). Su distribución principalmente es en América central y el sur ya que presenta condiciones ambientales cálidas y húmedas que favorecen su desarrollo (Slansky, 2007; Scholl et al., 2019).

Genero *Cuterebra*

Las larvas de las moscas del género *Cuterebra spp.*, causan una miasis dérmica o subdérmica que forman forúnculos mayormente en roedores y primates no humanos sin embargo pueden parasitar ocasionalmente animales domésticos y al hombre de manera accidental, las moscas pertenecientes a este género son consideradas “moscas del nuevo mundo” ya que están restringidas al Neotrópico donde la ubicación de los forúnculos es característico de cada asociación entre las especies parásitas y los hospederos (Slansky, 2007; Guimarães et al., 2023). Las especies pertenecientes a este género se caracterizan por tener una alta especificidad por sus hospederos y en el caso de algunos de sus hospederos roedores las larvas de *Cuterebra spp.* puede representar hasta un 5% de su peso corporal (Cramer y Cameron, 2006; Moreno et al., 2023).

La mosca *Cuterebra baeri* fue descrita morfológicamente con ejemplares procedentes de la Guayana Inglesa y de la región de Darién en Panamá (Shannon y Greene, 1926; Catts, 1982). Anteriormente, era conocida como *Alouattamyia baeri* debido a que su hospedero principal son los individuos del género *Alouatta* (Colwell, 2001). La *C. baeri* se caracteriza por ocasionar una miasis cutánea foruncular y las zonas donde se presentan comúnmente las lesiones son el cuello y el abdomen sin embargo también se pueden encontrar en la zona lumbar, extremidades y rostro (Calderón-Arguedas et al., 2004; Newbold et al., 2024).

Los informes de infestaciones ocurren en todo el rango del hospedero: América Central y las regiones de selva tropical lluviosa de América del Sur (Colwell, 2001). Se reportan infestaciones en México, Costa Rica, Panamá, Guayana Francesa, Colombia, Argentina y Brasil, pero sólo se han realizado identificaciones taxonómicas detalladas en Costa Rica y Panamá (Zeledón et al., 1957; Guimarães,

1982; Milton, 1996; Colwell y Milton, 1998; DeThoisy et al., 2001; Rudran y Fernandez-Duque, 2003; Calderón Arguedas et al., 2004; Cristóbal-Azkarate et al., 2012). A pesar de que se considera a los individuos del género *Alouatta* como los hospederos principales se han reportado como hospederos accidentales *Aotus trivirgatus*, *Cebus albifrons aequatorialis*, *Proechimys semispinosus* y *Homo sapiens* (Catts, 1982; Guimarães, 1982; Méndez, 1993; Colwell y Milton, 1998; Colwell, 2001; Francesconi y Lupi, 2012; Roncancio et al., 2018; Solórzano-García y Pérez-Ponce, 2018; Vilchez-Delgado et al., 2022; Rondón, 2023) Además, se han establecido infestaciones artificiales en conejos de laboratorio (Colwell y Milton 1998; Cristóbal- Azkarate et al., 2012).

Relación *Cuterebra baeri*- *Alouatta palliata aequatorialis*

Las interacciones parásito - hospedero son bien representadas en la naturaleza donde una especie parásito depende de la otra para su sobrevivencia, lo que implica un costo energético y nutricional al hospedero (Rodríguez et al., 2014). Sin embargo, el parasitismo es una parte fundamental en los sistemas ecológicos al ser un regulador de las especies hospederas y un claro ejemplo es la interacción *C. baeri* y *A. palliata* lo que demuestra que existe una coevolución en las asociaciones donde el parásito no mata a su hospedero ya que esto implicaría destruirse a sí mismo como especie (Rodríguez et al., 2014). Sin embargo, en algunas ocasiones los parásitos pueden afectar negativamente a los hospederos, causando lesiones graves, disminuyendo el crecimiento, el rendimiento reproductivo, alteraciones en su conducta e incluso ocasionarles la muerte (Milton, 1996). A pesar de que los comportamientos autodirigidos como el acicalamiento, tocarse o rascarse comúnmente son reportados como respuesta a la presencia de ectoparásitos, en el caso de la relación *C. baeri* y *A. palliata* existe solo un caso reportado de acicalamiento en la zona de un forúnculo (Glander, 1975).

Cuadro 1. Medidas parasitarias de *Cuterebra baeri* en monos aulladores

Especies/subespecie	Prevalencia	Abundancia	Intensidad	Incidencia	Animales focales	Ubicación	Autor y año
<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>	60	1.9	2.9	-	55-106	Isla Barro Colorado (Panamá)	Milton (1996)
<i>Alouatta palliata</i>	29	0.7	2.75	-	28	Costa Caribe (Costa Rica)	Calderón-Arguedas et al. (2004)
<i>Alouatta palliata</i>	28	1.1	-	-	46	Los Tuxtlas (México)	Cristobal-Azkarate et al. (2012)
<i>Alouatta palliata</i>	14.6	0.2	0.9	1.3	17	La Flor de Catemaco (México)	Ortiz-zarate et al. (2024)
<i>Alouatta palliata aequatorialis</i>	73.8	-	2.8	2.7	44	Parque Nacional Soberanía (Panamá)	Newbold et al. (2024)
<i>Alouatta belzebul</i>	-	-	-	-	-	Brasil	Guimarães (1971)
<i>Alouatta seniculus</i>	-	-	-	-	-	Guyana (Guyana británica)	Stiles et al. (1929)
<i>Alouatta caraya</i>	-	-	-	-	-	Venezuela /Argentina	Rudran y Fernandez-Duque (2003)

Ciclo biológico de *Cuterebra baeri*

Cuterebra baeri tiene un ciclo complejo conformado de 4 etapas principales (huevo, larva, pupa, y adulto) que dura aproximadamente 13 semanas (Milton, 1996). Su ciclo biológico inicia cuando las hembras de *C. baeri* de 3-5 días de edad colocan sus huevos sobre el follaje o ramas de los árboles cerca de los lugares de reposo de los hospederos (Slansky, 2007).

Luego de cinco días de su estadio de huevo adherido al sustrato estos eclosionan de manera no sincrónica a la presencia de ciertas temperaturas o la proximidad de los hospederos y se da inicio a su estadio larval con una duración de 35-49 días que se divide en tres estancias, primer estadio larval(L1) donde estos ingresan en su hospedero en forma larval por orificios naturales(bocas, narinas, ojos) para luego migrar hacia el tejido subcutáneo y establecer el forúnculo hacia el exterior que se hace visible a los 3-8 días de haber ingresado en su hospedero donde son de color blanco muy activos con ganchos bucales bien desarrollados y filas de espinas en el borde posterior de cada segmento torácico y abdominal (Catts,1982; Colwell y Milton, 1998; Colwell, 2001; Ortiz-zarate, 2024).

Para los segundos estadios larvales(L2) los forúnculos presentan un poro más grande y siguen siendo blancos, con ganchos bucales prominentes, pero con filas de espinas en todos los segmentos distribuidas uniformemente (Colwell y Milton, 1998). Y para su último estadio larval (L3), inicialmente de color crema que se vuelven negros con una cubierta densa de espinas anchas y planas en la madurez donde ya ocupan la mayor parte de forúnculo y a través de poro se observa su movimiento (Milton, 1996; Colwell y Milton, 1998). El estadio de pupa da inicio después que la larva (L3) abandona al hospedador y caen al suelo donde se entierran aproximadamente 4 cm (Milton, 1996; Colwell y Milton, 1998). Las pupas son negras con un opérculo prominente a través del cual emergerá la mosca adulta después de 41-48 días con las condiciones ambientales apropiadas (Colwell y Milton, 1998).

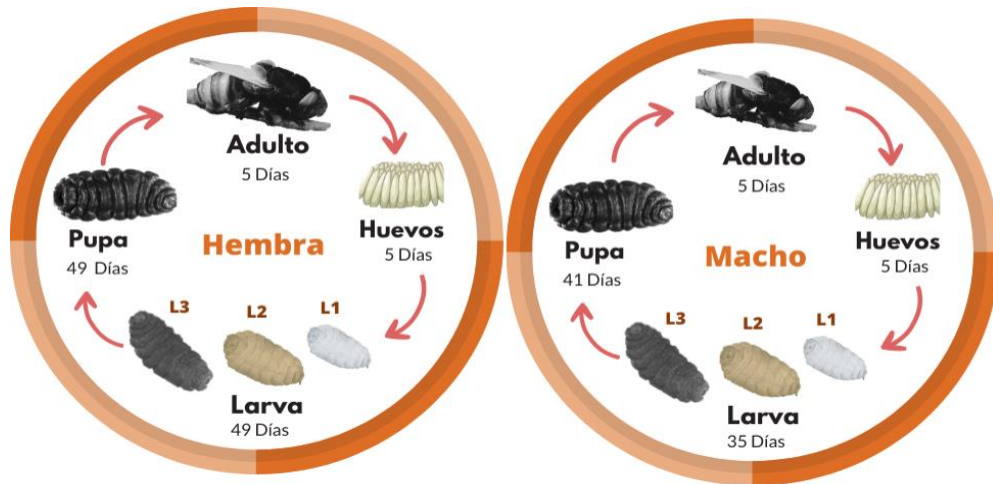


Figura 12. Ciclo de vida de *Cuterebra baeri* (Newbold et al., 2024).

Respuesta del hospedero al ectoparásito

Los monos aulladores ante la presencia de las larvas de *C. baeri* desarrollan una cápsula colágena que las aísla, donde generalmente es una larva por cápsula, pero ocasionalmente se ha encontrado dos dentro de la misma cápsula (Milton, 1996). Estas cápsulas o forúnculos son de tamaño proporcional al de las larvas como se ha descrito anteriormente de 3-5 mm (Milton, 1996).

A pesar de que los monos aulladores son sus hospederos principales la presencia de las larvas representa un gasto energético adicional y se ha reportado que los individuos parasitados con una intensidad de 1-1.5 forúnculos presentan un aumento en su alimentación y actividad diaria lo que puede ser un indicio de que estos busquen contrarrestar el déficit metabólico ocasionado por la presencia de las larvas pero no aumentaron los comportamientos autodirigidos (Ortíz-Zarate et al., 2024; Ortíz-Zarate et al., 2025). En ratas (*Peromyscus*) en laboratorio se han reportado cambios en los patrones de actividad del hospedero después de la primera semana de infestación el cual continuaba hasta la segunda semana después de la infestación (Slansky, 2007). Sin embargo, no en todos los casos pasa y recalcan que al colocar el olor de depredadores los individuos de estudio si

lograron desplazarse a la misma velocidad que habían reportado antes ser parasitas por una larva de *Cuterebra spp.*, (Slansky, 2007). Lo que puede estar relacionado con una estrategia para mitigar el gasto energético que implica tener larvas de *Cuterebra spp.* en sus hospederos ya sea disminuyendo su movilidad o aumentando su consumo de alimento y agua.

Además, estas infestaciones ocasionan alteraciones en la composición de la sangre como en las proteínas plasmáticas y un aumento de glóbulos blancos (Slansky, 2007). Y se ha demostrado que los monos aulladores sintetizan anticuerpos de inmunoglobulina G frente a los antígenos producidos por las larvas de *C. baeri* al salir de los forúnculos (Baron et al., 1996; Ortiz-Zarate et al., 2024). Lo que indica esto y su exposición continua a lo largo de su vida a las larvas de *C. baeri* que los monos aulladores presentan cierta resistencia a su parasitismo por lo que el riesgo de muerte a causa de la larva disminuye, sin embargo, esto va a depender de otros factores como las condiciones nutricionales, disponibilidad de recurso en el área o la presencia de infecciones secundarias en las heridas después de que las larvas abandonan el cuerpo de su hospedero (Milton, 1996).

Influencia de factores internos en las interacciones parasitarias

Existen diversos factores internos del hospedero que pueden influir en una parasitosis, se ha llegado a plantear que los animales controlan su carga de ectoparásitos primeramente mediante el acicalamiento o conductas autodirigidas y utilizando el sistema inmunológico cuando la carga parasitaria se incrementa

(Vicente et al., 2004). En el caso de la frecuencia de miasis cutánea foruncular causada por *C. baeri* diversos estudios plantean que puede variar por edad e incluso por sexo (Milton, 1996). Donde el tamaño corporal de los hospederos puede determinar la resistencia que tengan a las infestaciones, donde los juveniles podrían no cumplir con el costo energético de presentar larvas y ocasionar la mosca mayores complicaciones (Milton, 1996). En el caso de los monos aulladores los pesos para la etapa infantil 1 a juvenil 2 en aulladores oscilan entre 0.3 y 3.7 kg (Milton, 1996). En contraste, el peso promedio de un aullador macho adulto es de 8.1 kg mientras que de una hembra adulta es de 6.6 kg (Milton, 1996). Sin embargo, se han reportado juveniles e infantes con cargas igual o superior a la de los adultos (Milton, 1996). Por otro lado, hay otros estudios que mencionan que no encuentran diferencias, teniendo en cuenta que *C. baeri* no parasita selectivamente ninguna clase de edad o etapa o mono aullador específico (Calderón Arguedas et al., 2004; Ortiz-Zárate et al., 2024; Newbold et al., s2024). Sin embargo, el patrón de infestación si puede estar influenciado por las condiciones óptimas o no en el desarrollo de la pupa, así como la condición fisiológica del animal hospedero (Ortiz-Zárate et al., 2024; Newbold et al., 2024).

Influencia de factores climáticos en las interacciones parasitarias

Las variaciones climáticas son determinantes en el desarrollo de parásitos que presentan estadios de vida libre, lo que da lugar a diferentes patrones de infestación dependiendo del clima de la región (Scholl et al., 2019). En estudios previos en la Isla Barro Colorado se demostró que la incidencia de *C. baeri* muestra una estacionalidad con uno a tres picos máximos durante el año con mayor incidencia en la mitad y finales de la estación lluviosa lo que coincide en su ciclo de vida, con una duración aproximada de 3 meses (Milton, 1996). De igual manera en La Flor de Catemaco en México se encontró que la probabilidad de aparición de las lesiones aumentaba con la disminución de la temperatura en los 21-24 días antes y con la disminución de las precipitaciones entre 2-5 días antes (Ortiz-Zárate et al., 2024).

En el caso de las pupas las propiedades del suelo como su humedad, temperatura juegan un papel importante en el desarrollo de las pupas ya que dependiendo de las condiciones que presenten puede determinar la duración de esta fase (Dutra, 2018). Dónde está el estadio de pupa de *Cuterebra spp.* tiene una duración de 25-132 días, sin embargo, en las regiones con climas fríos como Argentina y Brasil pueden durar el invierno en este estadio (Brigada et al., 1992; Scholl et al., 2019). Como se observa en el ciclo de vida de *C. hominivorax* que a mayor temperatura se produce una mayor tasa de oviposición, de desarrollo pupal, de cópula y de maduración ovárica (Mansour y Krafur, 1991; Dutra, 2018).

Cambio climático

Según los últimos reportes de la organización meteorológica mundial (OMM) en el último siglo la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado (Kennedy et al., 2024).

Siendo 2024 el año más cálido/caluroso hasta la fecha con una temperatura media global de la superficie estimada de $1.55^{\circ} \text{C} \pm 0.13^{\circ} \text{C}$ en comparación a la 1850-1900, presentando anomalías en los trópicos, norte América, norte de África, Europa y partes de Asia (Kennedy et al., 2024).

Las regiones tropicales de Latinoamérica, Sudamérica y el Caribe son considerados una de las más vulnerable a los cambios climáticos, por el endemismo de las especies que habitan estas zonas (Villanueva y Rendón, 2022). Los efectos del cambio climático se reflejan en todas las formas de vida, sin embargo, en los últimos años se ampliado la información o los efectos sobre los insectos/artrópodos debido a su exposición o dependencia a la variabilidad/anomalías climáticas y las fluctuaciones de la temperatura y precipitaciones durante ciertas estaciones, que afectan sus ciclos de vida, movimiento, tamaño de poblaciones, reproducción y comportamiento de los organismos, (DeLucia et al., 2012; Diamond et al., 2014, 2015; Degracia et al., 2024).

Actualidad

En los últimos años se ha investigado sobre la inmunología de estas infestaciones, con el fin de adquirir herramientas diagnósticas serológicas eficientes y confiables. Se ha estudiado el genoma de las diferentes especies de *Oestridae* para profundizar en su identificación molecular, taxonomía y filogénesis (Otranto, 2001). Para *C. baeri* se ha explorado un poco sobre relación de esta especie en la Isla Barro Colorado donde crearon y utilizaron 22 loci microsatélites encontrando que las larvas que parasitan a un mismo individuo están más relacionadas que con las de distintos individuos de mono aullador de la isla (Milton et al., 2011). Lo que da lugar a futuros estudios enfocados en comprender relación parásito-hospedero.

Sin embargo, la mayoría de los estudios genéticos se enfocan en las especies que tienen importancia comercial (ganadera) o afectan a animales domésticos, como es el caso de *Dermatobia hominis* que infesta a diferentes mamíferos donde están incluidos los humanos, la que causa perdidas en producción ganadera provocando abortos, reducción de la producción de leche, pérdidas de peso, baja fertilidad, mala calidad de la piel y deterioro del sistema inmunitario del hospedero (Papavero y Guimarães, 2000; Otranto et al., 2004).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El proyecto se realizó en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía, corregimiento de Cristóbal, distrito y provincia de Colón, Panamá ($9^{\circ}7'12.52''N$, $79^{\circ}42'22.70''O$), con una extensión territorial de aproximadamente 24.92 km². De acuerdo con el sistema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1967), el área se ubica en la categoría de Bosque Húmedo Tropical (Carrión et al., 2013). La temperatura mínima promedio es de 23.5°C y máxima promedio para el área es de 30.2°C (ANAM, 1999). Y el promedio anual de lluvia 178.9 mm teniendo los meses de enero a junio con los niveles más bajos de lluvia y de julio a noviembre los que mayor precipitación presentan (ETESA, 2018).

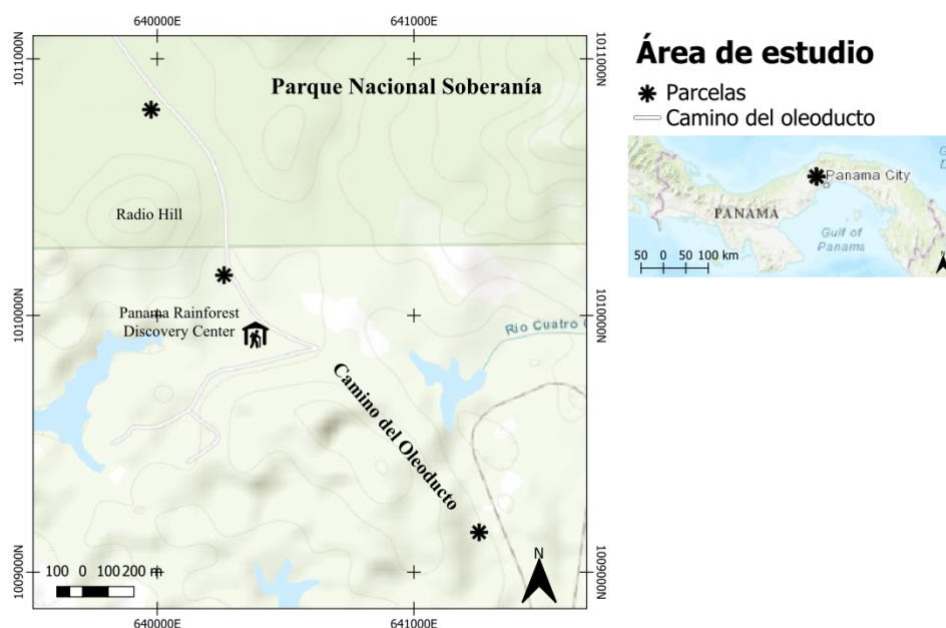


Figura 13. Mapa de área de estudio. Camino Del Oleoducto del PNS y las 3 parcelas.

Método de localización de los grupos de monos

La toma de datos se realizó durante dos periodos (08:00 a 12:00 hrs y 13:00 a 16:00 hrs) durante 6 a 8 días al mes por 12 meses, desde febrero 2024 hasta enero 2025, temporada seca a temporada lluviosa con un tiempo de muestreo de 373.5 horas investigador. Para la localización de los grupos se establecieron transectos lineales sin estimación de distancia, donde al iniciar se tomaron los datos de fecha, clima, hora inicial del muestreo, se colocaba el procesador de trayecto con GPS (Garmin Etrex 10) calculando una velocidad promedio de recorrido de 2km/h (Setchell et al., 2011; Méndez-Carvajal, 2012).

Se hizo detección por observación directa del grupo de monos aulladores y detección indirecta por rastros (restos de hojas y ramas mordidas, heces, vocalizaciones, olor) (Méndez-Carvajal, 2012). También se realizó poste de escucha para establecer un Azimuth y poder localizar a los grupos más cercanos por sus coros de amanecer, medio día y atardecer (Méndez-Carvajal, 2012). Una vez encontrados los grupos se anotó la estructura social, la cantidad de machos y hembras adultas, se categorizarán los individuos infantiles y juveniles, y se tomaron las coordenadas del lugar de observación, según lo planteado en Méndez-Carvajal (2012).

Clasificación por sexo y edad de los monos

Para evitar sesgos los individuos de monos aullador se examinaron según el orden del que se veía primero o el que estuviera más cerca al observador, y que cumpliera con las categorías previamente escogidas (Infante, Juvenil y en Adultos Macho y Hembra). Además, para asegurar que las muestras representen la tasa de infestación de diferentes grupos no se observaron más de ocho individuos dos de cada edad y sexo por grupo cada mes según lo recomendado por Milton (1996).

Identificación del sexo y edad

Los monos aulladores se clasificaron en cuatro categorías siendo, Adultos Macho y Hembra, juveniles e infantes donde en estas dos categorías inmaduros no presentan un dimorfismo sexual hasta su etapa adulta (Glander, 1980; Balcells y Baro, 2010). Donde cada categoría es distintiva por diferencias morfológicas y comportamiento (Cuadro 2; Figura 14)



Figura 14. Diferencias morfológicas de Individuos de mono aullador **A:** Adultos (Hembra a la derecha; Macho, el lado izquierdo), **B:** Hembra con cría; **C:** Infante; **D-F:** juveniles.

Cuadro 2. Descripción de las categorías de monos aulladores a observar.

Categorías	Duración	Características
Infante	2 días o menos	Presenta pelaje gris plateado y es llevado ventralmente por la madre a veces dorsalmente durante el descanso, puede intentar explorar entornos muy cercanos a su madre sin soltarla.
	2-21 días	Tiene el pelaje castaño claro, llevado dorsalmente por la madre o en pocas ocasiones ventralmente por la madre.
	21-90 días	El pelaje es de color castaño claro a marrón casi negro, llevado dorsalmente por la madre durante los traslados a larga distancia o también solo, siguiendo a la madre, volviéndose más independiente sobre su propia locomoción que es rápida y brusca.
Juvenil	3-6 meses	Presenta pelaje adulto, de color marrón-negro a negro, generalmente descansa en contacto con o cerca la madre. Locomoción independiente, rápida y ágil; a menudo sigue a la madre cuando el grupo se mueve como una unidad.
	6- 30 meses	Tiene pelaje de adulto, no es llevado en absoluto por la madre, al principio de esta etapa los juveniles pueden permanecer cerca de una hembra pero generalmente no descansan en contacto con ella.
	30-48 meses	Locomoción adulta independiente. Es imposible saber quién es la madre del individuo, los órganos sexuales no son visibles.
Adultos Hembra	más de 48 meses	Son de mayor tamaño en comparación de las categorías mencionadas anteriormente y cuentan con sus órganos sexuales visibles en este caso la vulva de color rosado y con sus glándulas mamarias
Adultos Machos	más de 48 meses	Son más grandes que las hembras, tienen la barba más larga y el mentón más prominente cuentan con el escroto blanco y completamente colgante, en el caso de las hembras desarrollan sus glándulas mamarias

Fuente: Glander, 1980; Balcells y Baro, 2010; Ruiz-García et al., 2017.

Método de observación y Clasificación de los estadios larvales

Se utilizó el método Animal-Focal (AF) con un tiempo de inversión de 5-10 minutos para poder realizar el conteo de las lesiones visibles de cada individuo (Altman, 1974, Newbold et al., 2024). Para determinar los parámetros de intensidad, es decir, el número de lesiones/forúnculos divididos por el número total de individuos infestados y la prevalencia, es decir, el porcentaje de hospederos infectados con uno o más larvas, dividido por el número de hospederos examinados (Milton, 1996).

El registro de esta información se realizó mediante filmaciones de cada AF con una videocámara (Sony Handycam HDR-CX405, 60X) para su posterior análisis de igual manera se hizo un registro de la posición de las lesiones en bocetos del mono aullador en vista anterior y posterior (Figura 3), para así realizar su identificación del tiempo larval que se encuentra (LI, LII y LIII).

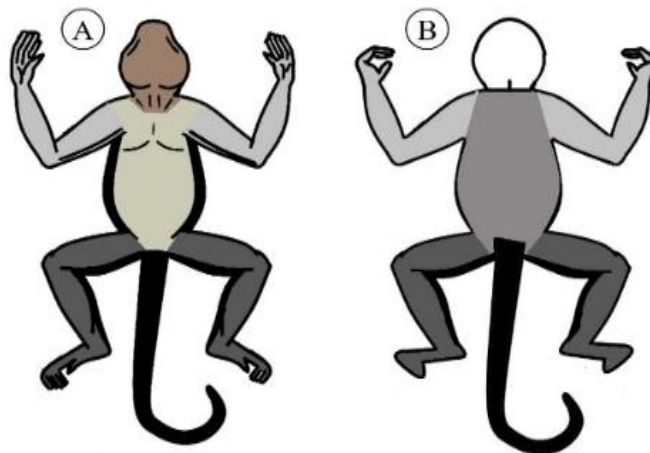


Figura 15. Bocetos de monos aulladores, **A:** vista anterior; **B:** Vista posterior (Newbold et al., 2024).

Para la caracterización de los diferentes estadios larvales se utilizó la descripción de Milton (1996). Por lo que, los estadios larvales se dividirán en estadio larval 1 (L1), estadio larval 2 (L2) y estadio larval 3 (L3), esto de acuerdo con la abertura del poro (Figura 4). De igual manera realicé videos de cada AF para revisar corroborar la observación hecha en campo, al momento de cada grabación se hará una descripción del AF con características distintivas de cada individuo (cicatrices faciales y manchas en las patas, manos, cola o testículos).

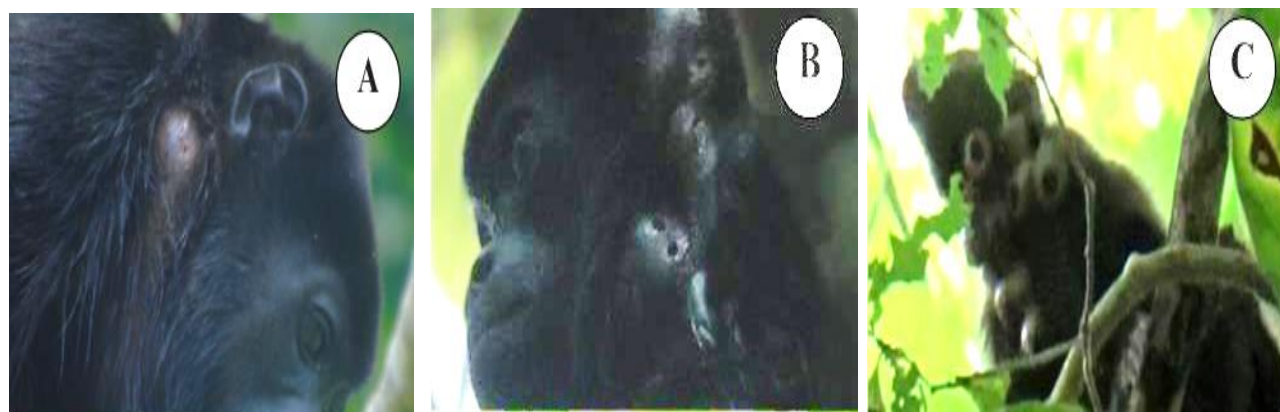


Figura16. Descripción de los estadios larvales de *Cuterebra baeri*. **A:** Estadio larval 1, la abertura del poro poco visible o casi ausente. **B:** Estadio larval 2, crecimiento de la abertura del poro sin visualización del tórneo. **C:** Estadio larval 3, la abertura del poro recubre la mayor parte del forúnculo, en ocasiones se puede observar el movimiento del tórneo (Newbold et al., 2024).

Medición de las variables microclimáticas del suelo

Se realizaron tres parcelas de 10 x 15 metros a lo largo del del Oleoducto, que se delimitaron utilizando una cuerda con cada mediada en áreas previamente escogidas, cada parcela presenta árboles que son utilizados por los monos aulladores para alimentación y reposo (Milton, 1990; Días y Rangel-Negrín, 2015; Fortes et al.,2015).

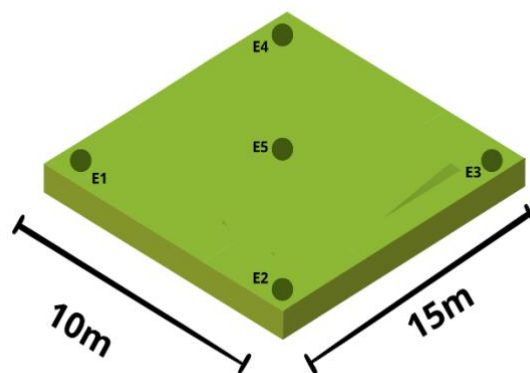


Figura 17. Descripción de las parcelas. Puntos de toma de variables climáticas.

Debido a que en una misma parcela pueden existir diferencias físicoquímicas del suelo (Sánchez y Silva, 2019), se registraran las variables microclimáticas del suelo en cinco puntos de la parcela, siendo los cuatro puntos las cuatro esquinas del cuadrante, y uno central para cada parcela (Figura 17), donde se tomará la temperatura y la humedad del suelo con un medidor multifunción digital de humedad y temperatura de suelo (SOILPHU y IRTOV)(Figura 18) y el pH del suelo (YINMIK YK-S01E Smart Digital Soil pH Test kit) (Figura 18) por medio de una sonda en el suelo enterrada a una profundidad de cuatro pulgadas y se espera 10 segundos para tener las lecturas, esto se realizará de manera aleatoria entre las 9:00 a las 16:00 durante las visitas a campo, por lo que se registrará hora de toma

de los datos y presencia o ausencia de grupo sobre la parcela para verificar recurrencia al sitio por los monos aulladores (Druta, 2018).



Figura 18. Equipo utilizado para la toma de variables microclimáticas del suelo.

Análisis de los datos

Se utilizó el programa Excel para ordenar la base de datos y el Software JMP® Pro versión 14.0.0 para realizar los análisis estadísticos no inferenciales e inferenciales de los datos. Para todos los estadísticos inferenciales, primero se procederá a analizar los supuestos (normalidad, independencia de los datos y varianzas iguales). Para las comparaciones de dos variables se utilizará la prueba de t-Student si cumple con los supuestos y si no se utilizará la prueba de Wilcoxon. Para comparación de más de dos variables se utilizará ANOVA si cumple los supuestos y si no se hará la prueba de Kruskal-Wallis.

Se comparó la prevalencia parasitaria entre machos y hembras adultos con la prueba de t-Student, se comprobó los supuestos (normalidad: $W=0.9259$, $p=0.0620$; varianzas iguales: $F=0.9023$, $gl=1$, $p=0.3516$). Se comparó la intensidad parasitaria entre machos y hembras adultos con la prueba de t-Student, se

comprobó los supuestos (normalidad: $W=0.9328$, $p=0.1128$; varianzas iguales: $F=2.6857$, $gl=1$, $p=0.1155$).

Se comparó la prevalencia entre adulto, juvenil e infantes con la prueba de Kruskal-Wallis al no presentar normalidad de datos ($W= 0.9151$, $p=0.0090^*$). También hice comparaciones de la prevalencia por pares con la prueba de Wilcoxon. Para la intensidad entre adulto, juvenil e infantes se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis al no presentar normalidad de datos ($W= W=0.9347$, $p=0.0350^*$; También hice comparaciones de la intensidad por pares con la prueba de Wilcoxon.

Se realizaron dos Modelos Lineales Generalizados (MLG) para evaluar el efecto de las variables microclimáticas en el suelo (Temperatura, Humedad y pH) sobre la prevalencia de MCF de *Cuterebra baeri* en monos aulladores (MLG1) y sobre la intensidad de MCF de *Cuterebra baeri en* monos aulladores (MLG2). Para el MLG1 presento normalidad de datos ($W=0.9138$, $p=0.2387$) y para el MLG 2 también presento normalidad de datos ($W=0.9523$, $p=0.6719$).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Prevalencia e intensidad parasitaria de MCF de *Cuterebra baeri* en *Alouatta palliata aequatorialis*.

Realicé un total 633 animales focales (AF) divididos en 405 adultos (263 Hembras, 142 Machos) y 228 inmaduros (108 juveniles, 120 inmaduros). La prevalencia promedio calculada fue de 54.9 ± 3.3 EE de MCF de *Cuterebra baeri* en los AF. Por otro lado, La intensidad promedio calculada fue de 2.8 ± 0.3 EE y abundancia promedio 1.5 ± 0.2 EE de MCF de *Cuterebra baeri* en los AF.

A nivel de comparaciones, no se encontraron diferencias entre las prevalencias de miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* de hembras y machos adultos de los monos aulladores ($t = -1.2728$, $p = 0.1076$). Donde las hembras presentaron una prevalencia promedio de 63.7 ± 4.8 EE, los machos una prevalencia promedio 56.3 ± 6.3 EE (Cuadro 3). Tampoco se encontraron diferencias en las intensidades de miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* de hembras y machos adultos de los monos aulladores ($t = -1.6388$, $p = 0.0577$). Donde las hembras presentaron una intensidad promedio 2.9 ± 0.3 EE, los machos una intensidad promedio de 2.3 ± 0.3 EE (Cuadro 4).

Cuadro 3. Prevalencia de la miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* por mes en adultos de monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.

Mes	n	Prevalencia (%)		Macho
		Hembra	n	
Febrero 2024	18	72.2	7	57.1
Marzo 2024	25	92.0	12	83.3
Abril 2024	16	68.8	10	80.0
Mayo 2024	18	55.6	8	50.0
Junio 2024	19	73.7	10	70.0
Julio 2024	32	71.9	18	55.6
Agosto 2024	17	58.8	11	45.5
Septiembre 2024	28	78.6	13	69.2
Octubre 2024	24	62.5	20	75.0
Noviembre 2024	19	31.6	12	16.7
Diciembre 2024	20	55.0	9	55.6
Enero 2025	27	40.7	12	16.7

Se reportan diferencias entre las prevalencias de miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* entre adultos, juveniles e infantes, de los monos aulladores ($\chi^2=17.2687$, $gl=2$, $p=0.0002^*$). De igual manera, encontré diferencias entre juveniles e infantes ($Z=2.8167$, $p=0.0049^*$), también entre infantes y adultos ($Z=-3.8427$, $p=0.0001^*$). Sin embargo, no se encontró diferencias entre juveniles y adultos ($Z=-1.5919$, $p=0.1114$) (Cuadro 5, Figura 19). Donde los adultos presentaron una prevalencia promedio de 66.0 ± 3.1 EE, los juveniles una prevalencia promedio de 53.3 ± 5.5 EE y los infantes una prevalencia promedio 25.2 ± 5.8 EE.

Cuadro 4. Intensidad de la miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* por mes en adultos de monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.

Mes	Hembras				Machos			
	n	n+	n larvas	Intensidad	n	n+	n larvas	Intensidad
Febrero 2024	18	13	29	2.2	7	4	11	2.8
Marzo 2024	25	23	75	3.3	12	10	25	2.5
Abril 2024	16	11	51	4.6	10	8	22	2.2
Mayo 2024	18	10	16	1.6	8	4	7	1.8
Junio 2024	19	14	53	3.8	10	7	33	4.7
Julio 2024	32	23	71	3.1	18	10	16	1.6
Agosto 2024	17	10	28	2.7	11	5	10	2.0
Septiembre 2024	28	22	103	4.7	13	9	20	2.2
Octubre 2024	24	15	37	2.5	20	15	41	2.7
Noviembre 2024	19	7	17	2.4	12	4	4	1.0
Diciembre 2024	20	11	32	2.9	9	5	15	3.0
Enero 2025	27	11	19	1.7	12	2	2	1.0

Leyenda: **n**: Número de animales focales evaluados; **n⁺**: número de animales focales con lesiones.

A nivel de intensidad de miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* se encontraron diferencias entre adultos, juveniles e infantes, de los monos aulladores ($\chi^2= 12.5104$, $gl=2$, $p= 0.0019^*$). Encontramos diferencias entre juveniles e infantes ($Z=2.0857$, $p=0.0370^*$), también entre infantes y adultos ($Z=-3.7312$, $p<0.0002^*$). Sin embargo, no se encontró diferencias entre juveniles y adultos ($Z=-0.5486$, $p=0.5833$) (cuadro 6, figura 19). Adultos presentaron una intensidad promedio de 2.7 ± 0.3 EE, los juveniles una intensidad promedio de 2.6 ± 0.4 EE y los infantes una intensidad promedio 1.2 ± 0.2 EE.

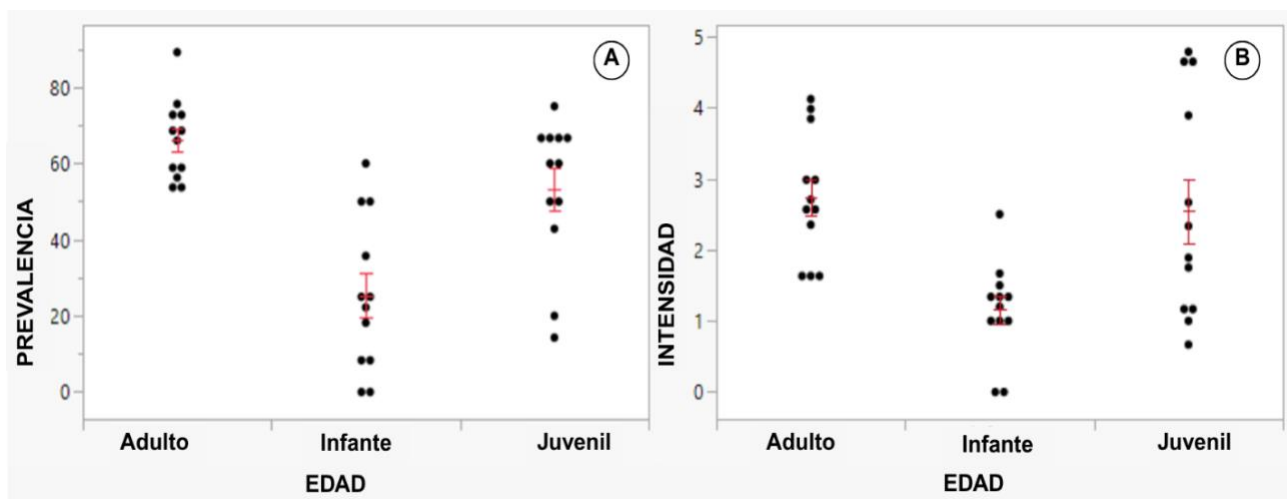


Figura 19. A: Grafico de promedio y error estándar de la prevalencia de miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* en diferentes edades de monos aullador (*Alouatta palliata aequatorialis*). **B:** Grafico de promedio y error estándar de la intensidad de miasis.

Cuadro 5. Prevalencia de la miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* por mes en adultos, juveniles e infantes de monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.

Mes	N			Prevalencia %		
	Adultos	Juveniles	Infantes	Adulto H/M	J	I
Febrero 2024	25	5	6	68.0	60.0	50.0
Marzo 2024	37	12	11	89.2	66.7	18.2
Abril 2024	26	6	8	73.1	50.0	25.0
Mayo 2024	26	6	5	53.8	66.7	60.0
Junio 2024	29	6	7	72.4	66.7	0.0
Julio 2024	50	18	12	66.0	50.0	25.0
Agosto 2024	28	7	12	53.6	14.3	8.3
Septiembre 2024	41	12	14	75.6	75.0	35.7
Octubre 2024	44	9	13	68.2	66.7	8.3
Noviembre 2024	31	10	10	58.1	20.0	50.0
Diciembre 2024	29	7	9	55.2	42.9	22.2
Enero 2025	39	10	13	59.0	60.0	0.0

Cuadro 6. Intensidad de la miasis cutánea furuncular de *Cuterebra baeri* por mes en adultos, juveniles e infantes de monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*) en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía.

Meses	Adultos H/M				Juveniles				Infantes			
	N	n ⁺	n larva	Intensidad	n	n ⁺	n larva	Intensidad	n	n ⁺	n larva	Intensidad
Febrero 2024	25	17	40	2.4	5	3	14	4.7	6	3	4	1.3
Marzo 2024	37	33	100	3.0	12	8	37	4.6	11	2	5	2.5
Abril 2024	26	19	73	3.8	6	3	7	1.2	8	2	3	1.5
Mayo 2024	26	14	23	1.6	6	4	7	1.8	5	3	4	1.3
Junio 2024	29	21	86	4.1	6	4	7	1.2	7	0	0	0.0
Julio 2024	50	33	87	2.6	18	9	43	4.8	12	3	4	1.3
Agosto 2024	28	15	38	2.5	7	1	1	1.0	12	1	1	1.0
Septiembre 2024	41	31	123	4.0	12	9	35	3.9	14	5	6	1.2
Octubre 2024	44	30	78	2.6	9	6	16	2.7	13	1	1	1.0
Noviembre 2024	31	11	18	1.6	10	3	4	0.7	10	3	5	1.7
Diciembre 2024	29	16	47	2.9	7	3	7	2.3	9	2	2	1.0
Enero 2025	39	13	21	1.6	10	6	11	1.8	13	0	0	0.0

Leyenda: **n**: Numero de animales focales evaluados; **n⁺**: número de animales focales con lesiones.

Efecto de las variables microclimáticas del suelo en la prevalencia e intensidad parasitaria de MCF *Cuterebra baeri* en los monos aulladores (*Alouatta palliata aequatorialis*).

En el MLG1 donde evalué el efecto de las variables microclimáticas del suelo sobre la prevalencia de MCF de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores, se reporta que solamente el promedio del pH y la interacción entre el promedio de pH y el promedio de la temperatura del suelo tienen un efecto sobre la prevalencia de MCF de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores (Cuadro 7, Figura, 20).

Cuadro 7. Modelo lineal generalizado 1 (MLG1): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la prevalencia miasis cutánea foruncular de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores.

Fuente	Grados de libertad	Ch ²	Prob > Ji cuadrado
$\bar{x}$ Ts	1	0.0002	0.9896
$\bar{x}$ pH	1	5.4631	0.0194*
$\bar{x}$ HR	1	1.8574	0.1729
$\bar{x}$ pH* $\bar{x}$ Ts	1	7.9894	0.0047*
$\bar{x}$ pH* $\bar{x}$ HR	1	0.0077	0.9302
$\bar{x}$ Ts* $\bar{x}$ HR	1	2.3085	0.1287
$\bar{x}$ Ts* $\bar{x}$ HR* $\bar{x}$ pH	1	0.0826	0.7738

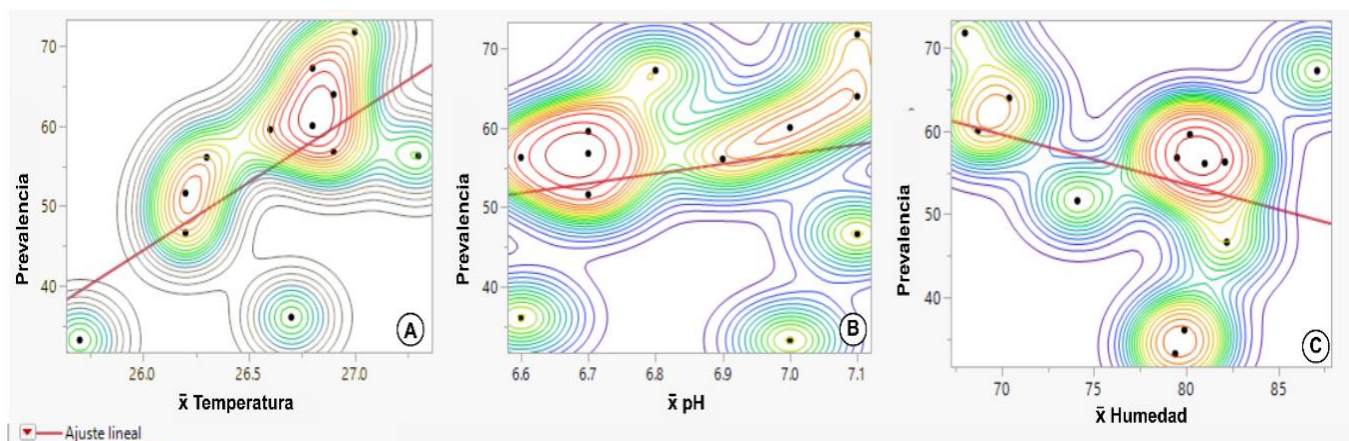


Figura 20. Modelo lineal generalizado 1 (MLG1): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la prevalencia miasis cutánea foruncular de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores.

De igual manera se hizo un MLG 2 para ver el efecto de las variables microclimáticas del suelo en la intensidad *Cuterebra baeri* en los monos aulladores, sin embargo, obtuve que solo el promedio de humedad (HR) tiene un efecto sobre la intensidad de MCF de *Cuterebra baeri* (Cuadro 8; Figura 21).

Cuadro 8. Modelo lineal generalizado 2 (MLG2): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la intensidad de miasis cutánea foruncular de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores.

Fuente	Grados de libertad	Ch ²	Prob > Ji cuadrado
$\bar{x}$ Ts	1	0.1466075	0.7018
$\bar{x}$ pH	1	0.0152662	0.9017
$\bar{x}$ HR	1	4.8969831	0.0269*
$\bar{x}$ pH* $\bar{x}$ Ts	1	1.4599928	0.2269
$\bar{x}$ pH* $\bar{x}$ HR	1	0.4866125	0.4854
$\bar{x}$ Ts* $\bar{x}$ HR	1	1.2347482	0.2665
$\bar{x}$ Ts* $\bar{x}$ HR* $\bar{x}$ pH	1	0.7482974	0.387

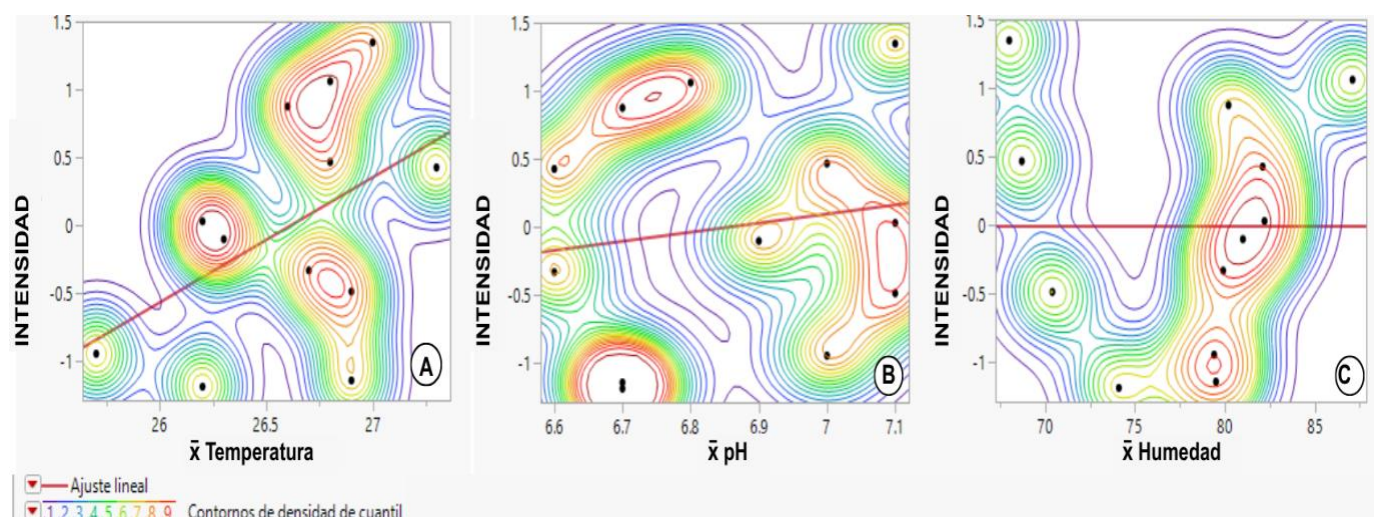


Figura 21. Modelo lineal generalizado 2 (MLG2): Efectos de las variables microclimáticas del suelo sobre la intensidad de miasis cutánea foruncular de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Las constantes fluctuaciones climáticas en esta última década han influido en cambios intrínsecos en los ciclos de vida de los dípteros, debido a sus marcadas dependencias a las condiciones ambientales. En el caso de *Cuterebra baeri* su dinámica de infestación por *C. baeri* no determinada por factor aislado, sino más bien a la interacción de múltiples variables ecológicas y ambientales.

En este estudio no se encontró diferencias en la prevalencia e intensidad parasitaria de MCF por *C. baeri* por sexo en los monos aulladores, por lo que no se cumple la hipótesis 1. Lo que podría deberse a que las hembras y machos adultos presentan igual probabilidad de infestación por *C. baeri*. Los resultados encontrados coinciden con lo reportado en la Isla Barro Colorado en Panamá y en La Flor de Catemaco (Milton, 1996; Ortiz-Zarate, et al., 2024). Es importante mencionar, que los reportes de infestaciones producidas por las especies del género *Cuterebra spp.* en el Neotrópico son inconsistentes, ya sea por tamaños de muestras pequeñas o no se enfocan en la diferencia por sexo. Ya que en algunos estudios con periodos cortos de muestreo se han reportado que los machos presentan mayor prevalencia e intensidad de miasis cutánea foruncular por *C. baeri* en comparación de las hembras (Calderón Arguedas et al., 2004; Newbold et al., 2024).

Es el mismo escenario que se observa con las otras especies de *Cuterebra spp.*, que parasitan roedores donde se ha reportado que los machos presentan mayores infestaciones que las hembras, pero esto varía dependiendo de la especie y del hábitat (Catts, 1982). En el caso de Galindo-Leal et al. (1997) encontraron que en roedores (*Peromyscus difficilis*) machos estaban más infectados que los juveniles, mientras que las hembras presentaban mayor infestación por tórsalos que los machos durante la época de reproducción y que este escenario se invertía en la época no reproductiva, donde los machos estaban más infectados. Esto podría estar relacionado con los patrones de movimiento donde estas hembras pasaban más tiempo cerca y dentro de las madrigueras en comparación que los machos, lo que aumentaba sus probabilidades de infestación (Galindo-Leal et al., 1997; Bohn et al.,

2017). Por lo que puede existir una relación entre la actividad del hospedero y el parasitismo.

En este estudio se encontró diferencias de la prevalencia e intensidad de miasis cutánea foruncular por *C. baeri* por edad, cumpliéndose la hipótesis 2. Donde los adultos (machos y hembras) y los juveniles presentaron una mayor prevalencia e intensidad que los infantes. Sin embargo, no se obtuvo diferencias en la prevalencia e intensidad entre los adultos y los juveniles. Lo que puede deberse a que los individuos adultos y juveniles pueden presentar la misma o mayor cantidad de infestación que los adultos, si bien los juveniles aún se encuentran en desarrollo, estos presentan similitudes en sus conductas alimenticias y desplazamiento a medida que crecen por lo que están igual de expuestos que los adultos. Como se observa con lo reportado por Milton (1996) donde los juveniles de monos aulladores de IBC tenían mayor prevalencia y menor intensidad que los adultos. Sin embargo, mis resultados coinciden con el estudio anterior realizado en el Camino del Oleoducto donde no se encontró diferencias entre los adultos y juveniles ya que presentaban igual intensidad de infestación (Newbold et al., 2024).

Pero no es el caso de los infantes, que presentaron menor intensidad y prevalencia de infestación de MCF por *C. baeri* que los adultos y juveniles, esto puede deberse a su comportamiento alimenticio, que, aunque sí exploran y realizan actividades sociales no es frecuente, ya que siguen lactando y su cercanía a la madre es alta por lo que reduce su exposición a los huevos de *C. baeri* por ende su probabilidad de infestación disminuye.

Teniendo en cuenta la teoría de ovoposición de las moscas del género *Cuterebra spp.*, donde comportamiento casi aleatorio de ovoposición donde las hembras no colocan los huevos directamente sobre sus hospederos, las diferencias morfológicas y de comportamiento (alimenticio, desplazamiento) entre las hembras y machos adultos, juveniles e infantes de los monos aulladores si se consideran factores determinantes en la prevalencia e intensidad de esta parasitosis.

Por ejemplo, en un estudio con *Tamias stratus* parasitadas por *Cuterebra spp.* mencionan que las variaciones en el parasitismo pueden depender de la exposición como en la susceptibilidad a los parásitos donde los machos adultos más activos presentan más parásitos que las hembras adultas (Paquette et al., 2020). Pero estas variaciones no son consistentes ya que las condiciones reproductivas pueden influir en su actividad circadiana, donde las hembras pueden aumentar sus áreas de distribución para encontrar más alimento debido al aumento de los requisitos energéticos asociados con el embarazo y la lactancia por lo que puede aumentar sus probabilidades de ser infectadas por parásitos en comparación a los machos.

La baja infestación que presentaron los infantes también puede estar relacionado a factores fisiológicos como el tamaño y la composición corporal. Milton (1996) plantea que existe una relación negativa con un el número de larvas de *C. baeri* y el porcentaje de supervivencia de estas. Como es el caso de los infantes donde esta parasitosis puede ser letal, porque no cumplen con las reservas necesarias para contrarrestar los costos asociados de una alta infestación por *C. baeri* (Milton et al., 2019). A diferencia de los adultos y juveniles ya presentan una resistencia al adquirir múltiples infestaciones de *C. baeri* (Milton et al., 2019). Pero este escenario se repite en cualquier otro hospedero que sufra déficit nutricional o se encuentre inmuno comprometido lo que terminaría perjudicando el desarrollo *C. baeri*. Como se da con las ardillas grises oriental adulta macho saludable (acceso a agua y abundante comida) solo se ve afectada después de 3 o 4 larvas, pero en el caso de ser un macho con recursos limitantes, hembra lactante o embarazada y juveniles con la misma intensidad puede ser perjudicial (Slansky, 2007).

En el caso de los monos aulladores aún se desconoce los cambios que pueden presentar en su comportamiento o su impacto en la composición corporal en los límites o condiciones extremas de infestación de MCF por *C. baeri*, lo que podría incrementar la vulnerabilidad de los monos aulladores, es por esto por lo que se requieren más estudios dirigidos a ver el efecto de esta MCF en el hospedero.

En el MLG1 se encontró que el pH del suelo y la interacción entre el pH y el promedio de la temperatura del suelo tienen un efecto sobre la prevalencia de MCF de *Cuterebra baeri* en los monos aulladores. En este estudio el pH del suelo se mantuvo con un rango constante (6.6-7.1) de básico a neutro durante todo el año de muestreo, lo que puede implicar que es el rango ideal para que éste represente un sustrato estable para la fisiología de la pupa de *C. baeri* donde se desarrollan de manera viable. Esto coincide con lo reportado para otras especies de moscas, donde el pH al igual la estructura de suelo influye en la viabilidad, tamaño y peso de las pupas (Amaral et al., 2020).

Como lo han reportado para otras especies como *Cochliomyia hominivorax* que en un pH neutro las pupas eran de mayor tamaño que las que se desarrollaron en un pH ácido (Chaudhury et al., 2009; Salam et al., 2022). En otro estudio obtuvieron que los pH cercanos a neutro con un suelo favorecen a una mayor emergencia de *Ceratitis capitata* (Dimou et al. 2003).

Estudios donde han evaluado el efecto de pH en salud de los suelos han determinado que los suelos con pH ácidos pueden promover la actividad de hongos y bacterias patógenas y que el rango óptimo de pH en el suelo es entre 6.0 y 7.0 para determinar la buena salud del suelo y la sostenibilidad medioambiental (Li et al., 2018; Dewangan, et al., 2023).

Si bien el pH del suelo tiene un efecto sobre la disponibilidad de nutrientes, la actividad microbiana y la estructura del suelo (Amaral et al., 2020; Dewangan, et al., 2023). sin embargo, hace falta más estudios para determinar el efecto del pH directamente sobre la pupa para el género *Cuterebra spp.* y los datos encontrados dan lugar a futuros estudios donde se pueda ver el efecto de los en condiciones extremas de pH que pueden afectar la integridad de la pupa o alterar la disponibilidad de nutrientes y humedad.

La complejidad de la composición del suelo y como está influye en otros organismos vivos no puede determinarse por una característica aislada. Contrario a lo esperado en este estudio la prevalencia MCF por *C. baeri* aumentó con las

temperaturas, sin embargo, la temperatura del suelo puede representar un efecto en la prevalencia de este parasitismo, se pudo determinar que a medida que aumenta la temperatura del suelo aumenta las lesiones de MCF por *C. baeri* encontradas en los monos aulladores del Camino del Oleoducto del PNS, sin embargo, el rango de la temperatura del suelo se mantuvo entre (25.7-27.3°C) que en comparación de la temperatura ambiental para Gamboa que pueden ser mayor de 32°C se puede considerar bajo (Paton, 2020).

Esta diferencia sugiere el papel del suelo como regulador térmico dando un sustrato más estable para el desarrollo de la pupa, esto coincide con lo reportado por Colwell y Milton (1998) donde la temperatura en el laboratorio se mantenía entre 24-29°C y obtuvieron un 52 % de las pupas emergieron.

En otras moscas como *Cochliomyia hominivorax* a mayor temperatura se produce una mayor tasa de ovoposición, de desarrollo pupal, de cópula y de maduración ovárica (Krafsur, 1991; Dutra, 2018). Por lo que las moscas en zonas tropicales presentan un desarrollo multivoltino en comparación de las de zonas templadas que son univoltinas o bivoltinas (Gregory, 2003).

Y en el caso de las infestaciones causadas por *C. baeri* son consideradas estacionales, sin embargo, sus infestaciones se dan durante todo el año (Milton, 1996). Las moscas causantes de miasis son más abundantes durante el verano y presentan mayor actividad durante los meses cálidos y húmedos y meses frescos y secos (Bergallo et al., 2000). Por otra parte, en zonas templadas del norte durante el invierno no se dan infestaciones, pero si en regiones con inviernos menos severos (Gregory, 2003). Por lo que las propiedades del suelo como la temperatura es factor determinante en el desarrollo de las pupas ya que determinar la duración de esta fase (Dutra, 2018). En este sentido la temperatura del suelo encontradas en Camino del Oleoducto puede representar el rango óptimo para favorecer su desarrollo pupal.

La alta especificidad que presenta *C. baeri* a sus hospederos resalta la importancia de factores como las condiciones ambientales donde se desarrolla la interacción, que influyen en la intensidad de parasitaria.

En el MLG 2 para ver el efecto de la intensidad *C. baeri* en los monos aulladores demostró que el promedio de humedad (HR) tiene un efecto sobre la intensidad de MCF de *C. baeri*. Durante los 12 meses de estudio se registraron un rango de humedad del suelo de 68-87.1%, donde los meses con mayor intensidad coinciden con un rango de humedad entre 80- 82.5% por lo que, si cumple con parte de nuestra hipótesis 3, lo que sugiere que estos son los niveles de humedad del suelo favorables para el desarrollo de la pupa de *C. baeri* y presentar su desarrollo multivoltino de manera continua en Camino del Oleoducto en el PNS.

En el estudio de Colwell y Milton (1998) en laboratorio sugieren que la humedad es un factor influyente en más de una etapa del desarrollo de *C. baeri* donde obtuvieron con una humedad de 85-95% el 52 % de emergencia de las pupas. Por lo que considero que niveles relativamente altos de humedad del suelo se relaciona con la disponibilidad de oxígeno y en determinar el tipo de suelo por lo que es un factor esencial para el éxito del desarrollo pupal. Y coincide con lo reportado en la IBC en Panamá donde los meses después de invierno (agosto-noviembre) presentaban mayor actividad de *C. baeri*, por lo que este patrón sugiere que la humedad acumulada durante los meses previos podría haber generado condiciones del suelo favorables para el desarrollo pupal teniendo mayores tasas de supervivencia lo que se reflejaría durante los meses posteriores (Milton, 1996; Gregory et al., 2003).

Pero esto varía dependiendo de la especie y la región, teniendo en cuenta que especies del género *Cuterebra spp.* en zonas templadas las pupas tienen la capacidad entrar en diapausa, detener su desarrollo fisiológicamente, durante el invierno como estrategia para sobrevivir teniendo un solo periodo de vuelo durante el año (Scholl, 2019). Pero se desconoce si las especies de *Cuterebra spp.* de regiones tropicales como Panamá utilizan este tipo de estrategias en casos de extremos de sequías o en condiciones desfavorables para su desarrollo.

En los últimos años el estudio de los efectos del cambio climático en las especies ha aumentado debido a su constante cambio y evolución. Estas variaciones estacionales ocasionan problemas en su desarrollo, movimiento y comportamiento (Degracia et al., 2023). Debido a su exposición a las fluctuaciones

de las variables climáticas ha permitido que los insectos se consideren buenos modelos para evaluar los cambios en las variaciones de temperatura (Degracia et al., 2023).

Lo que confirma la importancia de las características y la composición del suelo para los organismos que dependen su desarrollo directa o indirectamente, por lo que se requieren más estudios dirigidos que nos permitan ver el comportamiento y los efectos en *C. baeri* en estas etapas inmaduras ante escenarios extremos.

Sin embargo, es importante recalcar que mis observaciones de prevalencia e intensidad de infestación está relacionada directamente con las lesiones visibles en los hospederos y no de observaciones directas de la mosca *C. baeri* en el ambiente. Por lo que se requieren mayores estudios de este género en Panamá siendo indispensables para poder elaborar planes de conservación certeros para no alterar la interacción de estas especies y que estas sigan cumpliendo con su papel ecológico.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN

El sexo no es un factor determinante en la prevalencia e intensidad de *C. baeri*. Lo que puede deberse a la teoría de oviposición de la especie. Sin embargo, sí puede haber diferencia en el desplazamiento o en la actividad durante distintos periodos.

Si hay diferencia en la intensidad y prevalencia parasitaria de MCF por *C. baeri* en los monos aulladores del camino del oleoducto del PNS. Donde los adultos y juveniles presentaron mayor prevalencia e intensidad parasitaria que los infantiles. Pero no entre ellos, ya que los juveniles pueden presentar igual o mayor intensidad de *C. baeri*. Lo cual va ligado a que pueden presentar igual probabilidad de exposición a los huevos.

A pesar de que no todas las variables climáticas presentan un efecto directo en la prevalencia e intensidad de MCF por *C. baeri*, si se obtuvo datos importantes sobre los rangos en los que esta puede tener un buen desarrollo larval.

Un pH neutro, humedad alta y temperaturas medias para el suelo favorecen a la prevalencia e intensidad de *C. baeri* en el camino del Oleoducto del PNS.

CAPÍTULO VII:

RECOMENDACIONES

Ver la resistencia que tiene la pupa de *Cuterebra baeri* a condiciones controladas (pH, humedad, temperatura) en laboratorio o insitu. Realizar estudios en las diferentes zonas de distribución de los monos aulladores en busca de la presencia de *Cuterebra baeri* para comprender su distribución y ver su adaptabilidad en otras regiones de Panamá con otro tipo de bosque es adaptable a múltiples condiciones climáticas. Incorporar características poblacionales, medir las diferencias de rango desplazamiento y actividad influye en la intensidad y prevalencia entre las edades.

Referencias

- Altman, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods". *Behaviour*, 49(3–4), 227–266.
- Álvarez, J. C., Riesco, M. R., & Pérez, P. D. U. (2010). Miasis foruncular: una dermatosis emergente en países desarrollados. *Piel*, 25(3), 146-151.
- Amaral, E. J. F. D., Sousa, M. D. S. M. D., Santos, J. E. V. D., Costa, L. M., Melém, N. J., Toledo, J. J. D., & Adaime, R. (2021). Effect of soil class and moisture on the depth of pupation and pupal viability of *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (1994). *Revista Brasileira de Entomologia*, 65(1), e20200075.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente) (1999) Plan de Manejo Ambiental del Parque Nacional Soberanía. República de Panamá. 193 p.
- Armas-Herrera, Gioconda L, Arévalo-Arévalo, Luis F, & alemán-Infante, José. (2018). Oftalmomiasis causada por *Oestrus sp.* en la selva peruana: a propósito de un caso. *Acta Médica Peruana*, 35(4), 229-232.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172018000400007&lng=es&tlng=es
- Balcells, C. D., & Baró, J. J. V. (2009). Developmental stages in the howler monkey, subspecies *Alouatta palliata mexicana*: A new classification using age-sex categories. *Neotropical Primates*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1896/044.016.0101>
- Baron, R. W., Colwell, D. D., & Milton, K. (1996). Antibody immuno globulin G (IgG) response to *Alouattamyia baeri* (Diptera: Cuterebridae) parasitism of howler monkeys, *Alouatta palliata*, in Panama. *Journal of Medical Entomology*, 33, 946–951. <https://doi.org/10.1093/jmedent/33.6.946>

Bergallo, H. G.; F. Martins-Hatano; J. Juca & D. Gettinger. 2000. The effect of botfly parasitism of *Metacuterebra apicalis* (Diptera) on reproduction, survival and general health of *Oryzomys russatus* (Rodentia), in southeastern Brazil. *Mammalia* 64: 439-446. <https://doi.org/10.1515/mamm.2000.64.4.439>

Brigada, A. M., Tripole, E. S., & Zuleta, G. A. (1992). Cuterebrid parasitism (*Rogenhoferia bonaerensis*) on the shrubland mouse (*Akodon molinae*), in Argentina. *Journal of Wildlife Diseases*, 28(4), 646–650. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-28.4.646>

Bohn SJ, Webber QMR, Florko KRN et al (2017) Personality predicts ectoparasite abundance in an asocial sciurid. *Ethology* 123:761–771. <https://doi.org/10.1111/eth.12651>

Calderón H, Perla, Rojas E, Camilo, Apt B, Werner, & Castillo O, Douglas. (2017). Miasis cutánea por *Cochliomyia hominivorax* asociada a dermatitis seborreica: Case report. *Revista médica de Chile*, 145(2), 250-254. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872017000200013>

Calderón-Arguedas, O., Troyo, A., Solano, M. E., Sánchez, R., Chinchilla, M., & Gutiérrez-Espeleta, G. A. (2004). Infección por larvas de *Alouattamyia baeri* (Diptera: Cuterebridae) en monos aulladores, *Alouatta palliata* (Primates: Cebidae) de la Costa Caribe de Costa Rica. *Neotropical Primates*, 12(1), 21-24. Doi:[10.62015/np.2004.v12.566](https://doi.org/10.62015/np.2004.v12.566)

Carrión, J., Viquez, K., Mendieta, J., Carrasquilla, L., & Vergara, C. (2013). *Caracterización florística y estructural de una parcela de bosque semicaducifolio en el Parque Nacional Soberanía* (Vol. 15). <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1178>

Catts, E. P. (1982). Biology of new world bot flies: *Cuterebridae*. *Annual Review of Entomology*, 27(1), 313–338. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.27.010182.001525>

Chaudhury MF, Skoda SR. El pH y la viscosidad de la dieta afectan el desarrollo y la supervivencia de las larvas del gusano barrenador (*Diptera: Calliphoridae*). J Econ Entomol. 2009;102(2): 799–803. 10.1603/029.102.0242

Colwell, D. D., & Milton, K. (1998). Development of *Alouattamyia baeri* (*Diptera: Oestridae*) from howler monkeys (Primates: *Cebidae*) on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Medical Entomology*, 35(5), 674–680. <https://doi.org/10.1093/jmedent/35.5.674>

Colwell, Douglas D. (2001). Bot flies and warble flies (order *Diptera*: Family *Oestridae*). En *Parasitic Diseases of Wild Mammals* (pp. 46–71). Iowa State University Press. <https://doi.org/10.1002/9780470377000.ch3>

Cordero del Campillo M y Rojo Vásquez FA. (2007). Parasitología general. Madrid: McGraw-Hill España.

Cramer, M. J., & Cameron, G. N. (2006). Effects of bot fly (*Cuterebra fontinella*) parasitism on a population of white-footed mice (*Peromyscus leucopus*). *Journal of Mammalogy*, 87(6), 1103-1111.

Cristobal-Azkarate, J., Colwell, D. D., Kenny, D., Solórzano, B., Shedden, A., Cassaigne, I., & Luna, E. R. (2012). First report of bot fly (*Cuterebra baeri*) infestation in howler monkeys (*Alouatta palliata*) from Mexico. *Journal of Wildlife Diseases*, 48(3), 822-825. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.822>

Cruz, L. D., Fernandes, F. R., & Linhares, A. X. (2009). Prevalence of larvae of the bot fly *Cuterebra simulans* (*Diptera, Oestridae*) on *Gracilinanus microtarsus* (*Didelphimorphia, Didelphidae*) in southeastern Cerrado from Brazil. *Revista brasileira de Entomologia*, 53(2), 314–317. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262009000200017>

- De Thoisy, B., Vogel, I., Reynes, J.-M., Pouliquen, J.-F., Carme, B., Kazanji, M., & Vié, J.-C. (2001). Health evaluation of translocated free-ranging primates in French Guiana. *American Journal of Primatology*, 54(1), 1-16. <https://doi.org/10.1002/ajp.1008>
- Degracia, A. B., Ávila Jiménez, J., Alvarado, A. B., Valdespino, R. A., & Altamiranda-Saavedra, M. (2024). Incidence of the El Niño-Southern Oscillation Cycle on the Existing Fundamental Niche and Establishment Risk of Some *Anastrepha* Species (*Diptera-Tephritidae*) of Horticultural Importance in the Neotropics and Panama. *Insects*, 15(5), 331. <https://doi.org/10.3390/insects15050331>
- DeLucia, E. H., Nabity, P. D., Zavala, J. A. y Berenbaum, M. R. (2012) Climate Change: Resetting Plant-Insect Interactions. *Plant Physiology*, 160, 1677-1685.
- Diamond, S. E., Cayton, H., Wepprich, T., Jenkins, C. N., Dunn, R. R., Haddad, N. M. y Ries, L. (2014) Unexpected phenological responses of butterflies to the interaction of urbanization and geographic temperature. *Ecology*, 95, 2613-2621.
- Dewangan, S. K., Shrivastava, S., Kumari, L., Minj, P., Kumari, J., & Sahu, R. (2023). The effects of soil pH on soil health and environmental sustainability: a review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 10(6), 611-616. <https://www.jetir.org/view?paper=JETIR2306376>
- Dias, P.A.D., Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of Howler Monkeys. In: Kowalewski, M., Garber, P., Cortés-Ortiz, L., Urbani, B., Youlatos, D. (eds) *Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1960-4_2
- Dimou, I., Koutsikopoulos, C., Economopoulos, A. P., & Lykakis, J. (2003). Depth of pupation of the wild olive fruit fly, *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae* (Gmel.) (*Dipt., Tephritidae*), as affected by soil abiotic factors. *Journal of applied entomology*, 127(1), 12-17. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00686.x>

Drago, F. B. (2017). Macroparásitos. Diversidad y biología. GT Navone, MF Achinelly, J. Notarnicola, & ML Zonta, *Phylum Nematoda*, 128-156.

Dutra, L. (2018). Estudio de la viabilidad de larvas 3 y pupas de *Cochliomyia hominivorax* expuestas en suelo natural del norte del Uruguay.
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/25112>

Empresa de Transmisión Eléctrica S.A, (2018). Clima anual de la República de Panamá.
<http://www.hidromet.com.pa/documentos.php?sec=14>.

Fortes, V.B., Bicca-Marques, J.C., Urbani, B., Fernández, V.A., da Silva Pereira, T. (2015). Ranging Behavior and Spatial Cognition of Howler Monkeys. In: Kowalewski, M., Garber, P., Cortés-Ortiz, L., Urbani, B., Youlatos, D. (eds) Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects. Springer, New York, NY.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1960-4_9

Francesconi, F., & Lupi, O. (2012). Myiasis. *Clinical Microbiology Reviews*, 25(1), 79–105.
<https://doi.org/10.1128/cmr.00010-11>

Galindo-Leal, C. (1997). Infestation of rock mice (*Peromyscus difficilis*) by botflies: ecological consequences of differences between sexes. *Journal of Mammalogy*, 78(3), 900-907.

Glander, K. E. (1975). Habitat and resource utilization: an ecological view of social organization in mantled howling monkeys. The University of Chicago.
<https://doi.org/10.1515/9783110803839>

Glander, K. E. (1980). Reproduction and population growth in free-ranging mantled howling monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, 53(1), 25–36.
<https://doi.org/10.1002/ajpa.1330530106>

Guimarães, J. H. (1971). Notes on the hosts of Neotropical *Cuterebrini* (Diptera, *Cuterebridae*), with new records from Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 25(1-25 (1971-1972)), 89-94.

Guimarães Riva, H., Montoya, L. M. H., Gutiérrez, M. F., Flórez, M. D., Olaciregui, C., Andrade, E., Acevedo-Garcés, Y. A., & Soto-Calderón, I. D. (2023). Urban biodiversity: Cuterebriasis in free-ranging Robinson's mouse opossum (*Marmosa robinsoni*) in the suburbs of Barranquilla, Colombia. *International journal for parasitology. Parasites and wildlife*, 21, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2023.02.006>

Guimarães, J. H., & Coimbra Jr, C. E. (1982). Miíase humana por *Alouattamyia baeri* (Shannon & Greene) (*Diptera, Cuterebridae*): comunicação de dois casos na região norte do Brasil. *Revista Brasileira de zoologia*, 1, 35-39. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751982000100005>

Gunn, A., & Pitt, S. J. (2022). *Parasitology: an integrated approach*. John Wiley & Sons.

Holdridge, L. R. (1967). Life Zone Ecology. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/jcm.02307-21>

Jiménez, C. H., Roberto, N. F. O., & Vivas, R. I. R. (2020). Dermatobiosis cutánea bovina en la región selvática lluviosa y montañosa de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(1).

Karaman, Emin; Samasti, Mustafa; Saritzali, Gkioukxel; Ozdemir, Sinem; Halil, Mehmet C.; Isildak, Huseyin. (2009). Otomyiasis by *Wohlfahrtia magnifica*. *Journal of Craniofacial Surgery*, 20(6), 2123–2124. doi:10.1097/scs.0b013e3181bec66e

Kennedy, J., Trewin, B., Betts, R., Thorne, P., Foster, P., Siegmund, P., ... & Naran, B. (2024). State of the Climate 2024. Update for COP29. https://mural.maynoothuniversity.ie/id/eprint/19179/1/State-Climate-2024-Update-COP29_en.pdf

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

- Li, Z., Ma, Z., van der Werf, W., Zhang, F., & Sun, J. (2018). Soil pH and nutrient availability regulate phosphorus cycling in global grasslands. *Nature communications*, 9(1), 3002. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05448-7>
- Low, L. T., Cazorla-Perfetti, D., & Moreno, P. M. (2017). Caso de miasis orbitaria severa humana por *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) asociada con carcinoma espinocelular en el estado Falcón, Venezuela| A case of human severe orbital myiasis by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) associated with spinocellular carcinoma in Falcón state, Venezuela. *SABER*, 29, 704-711.
- Maciá, A., Micieli, M. V., & Mulieri, P. R. (2023). Miasis. *Libros de Cátedra*.
- Manrique-Saide, P., Hernandez-Betancourt, S., & Quintero, M. T. (2000). First Record of *Cuterebra* sp. (Diptera: Cuterebridae) Infection in *Otodylomys phyllotis* (Rodentia: Muridae). *The Florida entomologist*, 83(4), 487. <https://doi.org/10.2307/3496725>
- Mansour, Y. M., & Krafur, E. S. (1991). Induction of dominant lethal mutations for control of the facefly, *Musca autumnalis* DeGeer. *Medical and Veterinary Entomology*, 5(2), 175-181. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1991.tb00538.x>
- Matos, Vilmaris, Rodríguez Diego, Jesús G, Alfonso, Pastor, & Olivares, Javier L. (2013). *Oestrus ovis* (Diptera: Oestridae): un importante ectoparásito de los ovinos en Cuba. *Revista de Salud Animal*, 35(2), 79-88. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2013000200002&lng=es&tlng=es.
- Méndez, E. 1993. Roedores de Panamá. Privately published, Panama City, Panama, 372p.
- Méndez-Carvajal, P. G. (2012). Population study of Coiba howler monkeys (*Alouatta coibensis coibensis*) and Coiba capuchin monkeys (*Cebus capucinus imitator*). *Journal of primatology*, 1(2). <https://doi.org/10.4172/2167-6801.1000104>

- Milton, K. (1990). Calidad dietética y regulación demográfica de una población de monos aulladores *Alouatta palliata*. *Ecología de un bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Smithsonian, Panamá, 357-373.
- Milton, K. (1996). Effects of bot fly (*Alouattamyia baeri*) parasitism on a free-ranging howler monkey (*Alouatta palliata*) population in Panama. *Journal of Zoology (London, England: 1987)*, 239(1), 39–63. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1996.tb05435.x>
- Milton, K., Armitage, D. W., & Sousa, W. P. (2019). Successional loss of two key food tree species best explains decline in group size of Panamanian howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Biotropica*. <https://doi.org/10.1111/btp.12679>
- Milton, K., Lozier, J. D., & Lacey, E. A. (2011). Isolation of novel microsatellites for the howler monkey bot fly: *Cuterebra baeri* (Diptera: Cuterebrinae). *Conservation Genetics Resources*, 3, 403-407. <https://doi.org/10.1007/s12686-010-9366-3>
- Moreno, P. G., Rodriguez, M. D., Fernandez, R., Miranda, G., & Albanese, M. S. (2023). Host specificity of *Cuterebra Clark*, 1815 in sigmodontine rodents in central monte desert, Argentina. <http://dx.doi.org/10.31687/saremMN.24.31.01.16.e1008>
- Newbold-Bernal, J., Arrocha-García, C., Torres-Serrano, L., Gutiérrez-Pineda, K., & Méndez-Carvajal, P. (2024). Frecuencia de miasis cutánea foruncular por *Cuterebra baeri* en *Alouatta palliata aequatorialis*, Parque Nacional Soberanía, Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 10(2), 23-29. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v10.2.4013>
- Ortíz-Zárate, R. J., Cristóbal-Azkarate, J., Rangel-Negrín, A., Coyohua-Fuentes, A., & Dias, P. A. (2025). Impact of Botfly Parasitism on the Behavior of Mantled Howler Monkeys. *American Journal of Primatology*, 87(1), e23731. <https://doi.org/10.1002/ajp.23731>
- Ortíz-Zárate, R. J., Rangel-Negrín, A., Coyohua-Fuentes, A., Ibáñez-Bernal, S., Cristóbal-Azkarate, J., & Dias, P. A. D. (2024). Bot fly parasitism in mantled howler monkeys

(*Alouatta palliata*): General patterns and climate influences. *American Journal of Primatology*, e23680. <https://doi.org/10.1002/ajp.2368>

Otranto D. (2001). The immunology of myiasis: parasite survival and host defense strategies. *Trends in parasitology*, 17(4), 176–182. [https://doi.org/10.1016/s1471-4922\(00\)01943-7](https://doi.org/10.1016/s1471-4922(00)01943-7)

Páez Díaz, R., & Villa Arteta, L. C. (2017). Identificación de larvas productoras de miasis obtenidas del cepario de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca con importancia en salud pública. *Revista Nova*, 15(28), 79-91. <https://doi.org/10.22490/24629448.2082>

Papavero, N., & Guimarães, J. H. (2000). The taxonomy of Brazilian insects vectors of transmissible diseases (1900-2000)-Then and now. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95, 109-118. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762000000700019>

Pape, T. (2001). Phylogeny of Oestridae (Insecta: Diptera). *Systematic Entomology*, 26(2), 133-171. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113.2001.00143.x>

Paquette, C., Garant, D., Savage, J., Réale, D., & Bergeron, P. (2020). Individual and environmental determinants of *Cuterebra* bot fly parasitism in the eastern chipmunk (*Tamias striatus*). *Oecologia*, 193(2), 359–370. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04685-x>

Paton, Steve; Authority, Panama Canal (2020). Panama Canal Meteorological Data Gamboa. Smithsonian Tropical Research Institute. Dataset. <https://doi.org/10.25573/data.11798940.v4>

Poggioli, N. G., & Barro, J. C. V. (2009). Miasis ótica. A propósito de un caso. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 60(3), 213-214.

Rodríguez Diego, J. G., Pedroso Reyes, M., Olivares, J. L., Sánchez-Castilleja, Y. M., & Arece García, J. (2014). La interacción hospedero-parásito. Una visión evolutiva. *Revista de Salud Animal*, 36(1), 1-6.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253570X2014000100001&lng=es&tlng=es.

- Roncancio, N., Santa, M. A., Calderón, L. M., Gómez, E. N., Acosta, A., García, L. M., Henao, B. E., Peñuela, S. M., Pinilla, E. A., Poches, R. A., & Rodríguez, E. (2018). Differences in the prevalence of cutaneous myiasis between *Aotus vociferans* and *Aotus nancymae* in the Colombian Amazon. *Neotropical Primates*, 24(2), 86-90. <https://doi.org/10.62015/np.2018.v24.105>
- Rondón, S., Cavallero, S., Link, A., De Meo, M., González, C., & D'Amelio, S. (2023). Cuterebra baeri Infecting Grey-Legged Night Monkeys (*Aotus griseimembra*) and Red Howler Monkeys (*Alouatta seniculus*) in Colombia. *Journal of Wildlife Diseases*, 59(1), 181–185. <https://doi.org/10.7589/JWD-D-22-00062>
- Rudran R, Fernandez-Duque E (2003). Demographic changes over thirty years in a red howler monkey population (*Alouatta seniculus*) in Venezuela. *International Journal of Primatology* 24(5): 925–947. <https://doi.org/10.1023/A:1026241625910>
- Ruiz-García, M., Cerón, Á., Sánchez-Castillo, S., Rueda-Zozaya, P., Pinedo-Castro, M., Gutiérrez-Espeleta, G., & Shostell, J. M. (2017). Phylogeography of the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*; *Atelidae*, *Primate*) across its geographical range by means of mitochondrial genetic analyses and new insights about the phylogeny of *Alouatta*. *Folia Primatologica; International Journal of Primatology*, 88(5), 421-454. <https://doi.org/10.1159/000480502>
- Salam, M., Shahzadi, A., Zheng, H., Alam, F., Nabi, G., Dezi, S., ... & Bilal, M. (2022). Effect of different environmental conditions on the growth and development of Black Soldier Fly Larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102649.
- Sánchez Córdova, D. V., & Silva González, L. J. (2019). *Influencia del pH y Sales del Suelo en la Estructura y Composición del Bosque del Área de Conservación Privada Gotas de Agua*.

Saravia Pietropaolo, M. J. (2018). Eco-epidemiología de moscas parásitas del género *Philornis* Meinert (Diptera: Muscidae) de la Argentina: efectos de la variabilidad climática sobre sus ciclos de vida e impacto sobre la salud de sus hospedadores. <http://hdl.handle.net/11185/1110>

Scholl, P. J., Colwell, D. D., & Cepeda-Palacios, R. (2019). Myiasis (*Muscoidea*, *Oestroidea*). En *Medical and Veterinary Entomology* (pp. 383–419). Elsevier.

SESC-IRTA-CReSA. (2010). *Larvas gástricas de artrópodo*. Recuperado de <https://sesc.cat/es/larvas-gastricas-de-artropodo/>

Setchell, J. M., & Curtis, D. J. (Eds.). (2011). *Field and laboratory methods in primatology: a practical guide*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511921643>

Shannon, R. C., and Greene, C. T. (1926). A bot-fly parasitic in monkeys. *Zoopathologica* 1: 285–290.

Siu, A., & Peñaranda, W. (2009). Miasis en prolapso uterino. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 55(2), 143-145.

Slansky, F. (2007). Insect/mammal associations: effects of cuterebrid bot fly parasites on their hosts. *Annu. Rev. Entomol.*, 52(1), 17-36.

Solomon, M., Lachish, T., & Schwartz, E. (2016). Cutaneous myiasis. *Current Infectious Disease Reports*, 18(9), 28. <https://doi.org/10.1007/s11908-016-0537-6>

Solórzano-García, B., & Pérez-Ponce de León, G. (2018). Parasites of neotropical primates: A review. *International Journal of Primatology*, 39(2), 155–182. <https://doi.org/10.1007/s10764-018-0031-0>

Vicente, J., Fierro, Y., Martínez, M., & Gortázar, C. (2004). Long-term epidemiology, effect on body condition and interspecific interactions of concomitant infection by nasopharyngeal bot fly larvae (*Cephenemyia auribarbis* and *Pharyngomyia picta*,

Oestridae) in a population of Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Parasitology*, 129(Pt 3), 349-361. <https://doi.org/10.1017/s0031182004005578>

Vilchez-Delgado, F., Ramírez-Montano, L. F., Merino-Merino, X., Ojeda-Juárez, R. R., Espinoza-Román, M. H., & Duarte-Quiroga, A. (2022). Botfly parasitism on two primates of the *Cebidae* family in Peru. *Journal of wildlife diseases*, 58(2). <https://doi.org/10.7589/jwd-d-21-00175>

Villanueva, A. E. R., & Rendón, E. C. (2022). Vulnerabilidad social y clima extremo en estudios de América Latina. 2000-2019. *Tlalli. Revista de Investigación en Geografía*, (8), 6-32.

Zeledón, R., Jiménez Q., O., & Brenes M., R. R. (1957). *Cuterebra baeri*, Shannon y Greene, 1926 en el mono aullador de Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*, 5(2), 129–134. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.1957.28934>

ANEXOS



Anexo 1. Muestreo de las variables microclimáticas en la parcela Juan Grande



Anexo 2 . Conteo de lesiones de MCF por *C. baeri* en el Camino del Oleoducto del PNS.



Anexo 3. Zona de Acampar del Panamá Rainforest Discovery Center.



Anexo 4. GPS (*Garmin Etrex 10*) utilizado durante los meses de muestreo.



Anexo 5. Equipo utilizado Para medir las variables microclimáticas.



Anexo 6. Equipo de muestreo durante los 12 meses de estudio.