



Universidad Nacional de Río Negro, sede Alto Valle- Valle Medio.

Lic. En Criminología y Ciencias Forenses.

**COLONIZACIÓN Y SUCESIÓN DE ENTOMOFAUNA CADAVÉRICA EN  
CUERPOS QUEMADOS:**

**IMPLICANCIAS PARA LA ESTIMACIÓN DEL INTERVALO POST  
MORTEM EN LA PROVINCIA DE NEUQUÉN.**

Guerrero Yesica R.

Trabajo Final de Grado para aspirar al título de Licenciada en  
Criminología y Ciencias Forenses.

Tutora: Pereira, Ana Julia

Neuquén  
Agosto, 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi tutora, Dra. Pereira Ana Julia, por brindarme su conocimiento, aportes y observaciones, como así también por su predisposición y tiempo dedicado.*

*A mi mamá, papá y hermano por ser mis soportes, por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, por creer en mí y alentarme día a día para superarme, por acompañarme y levantarme en los momentos de frustración y, también, por festejar mis logros.*

*A mi compañera de carrera y amiga Marilina Taboada "Mani", por su compañerismo, por brindarme un lugar cuando los horarios de cursada se me complicaban, por su amistad y por todos los momentos compartidos.*

*A todos los profesores de la carrera por compartir sus conocimientos ya que sin ellos hoy no estaría atravesando por esta etapa.*

*¡¡Gracias!!*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b> .....	10
<i>El origen de la Entomología Forense</i> .....	10
<i>La entomología forense en Argentina</i> .....	18
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	19
<i>Intervalo post- mortem</i> .....	21
<i>Sucesión de fauna cadavérica</i> .....	22
<i>Órdenes taxonómicos de interés forense</i> .....	25
<i>Ciclo de vida</i> .....	26
<i>Fenómenos cadavéricos</i> .....	27
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	29
<i>Análisis estadístico</i> .....	33
<b>RESULTADOS</b> .....	34
<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN</b> .....	38
<b>REFERENCIAS</b> .....	42
<b>ANEXOS</b> .....	46
<i>Anexo 1: Planilla de control</i> .....	46
<i>Anexo 2: Recolección de insectos</i> .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo de vida de dípteros .....	26
<b>Figura 2.</b> Esquema de clasificación de los procesos que se le suceden a un cuerpo luego de la muerte, denominados fenómenos cadavéricos .....	27
<b>Figura 3.</b> Ubicación geográfica del lugar de muestreo .....	29
<b>Figura 4.</b> Jaulas diseñadas para colocar las cabezas de los cerdos .....	30
<b>Figura 5.</b> Cabezas de cerdos colocadas en sus jaulas metálicas y la estructura metálica para protegerlas de animales vertebrados carroñeros .....	31
<b>Figura 6.</b> Cabeza de cerdo quemada .....	32
<b>Figura 7.</b> Cabeza de control (izquierda) y quemada (derecha) en jaulas metálicas .....	32
<b>Figura 8.</b> Tamización de la tierra de las bases para posteriormente separar, contabilizar y conservar los insectos. ....	33
<b>Figura 9.</b> Conservación de los insectos recolectados en alcohol etílico al 70% .....	33
<b>Figura 10.</b> Cantidad de pupas (grandes y pequeñas) en la cabeza control y la quemada. ....	34
<b>Figura 11.</b> Cantidad de larvas encontradas en la cabeza quemada y la de control, clasificadas según el tipo de familia de dípteros. ....	35

## RESUMEN

La entomología forense es una disciplina de gran importancia en el ámbito judicial ya que utiliza datos a partir de artrópodos para estimar el intervalo post-mortem, determinar la época del año en la que ocurrió el deceso, verificar si hubo o no traslado del cadáver y determinar la presencia de tóxicos en el mismo. Es por ello que los insectos desempeñan un papel relevante en los casos médicos-legales, siendo las moscas, pertenecientes al orden Diptera, las primeras en llegar a un cuerpo sin vida o moribundo. En una investigación criminalística, es importante valorar todas las variables que puedan afectar a los indicios entomológicos, como es, por ejemplo, si un cuerpo fue alterado con fuego con el fin de borrar evidencias.

El presente trabajo tiene como objetivo conocer las alteraciones que presentan los cuerpos quemados en relación a la sucesión de la fauna cadavérica y el proceso de descomposición en la ciudad de Plottier, provincia de Neuquén. Para esto, se utilizaron dos cabezas de cerdo (*Sus scrofa*), una quemada con alcohol y otra de control, colocadas en jaulas metálicas especialmente diseñadas para este trabajo. Se midieron variables cuantitativas y cualitativas. En cuanto a la primera, se midió la cantidad de larvas y pupas; en cuanto a la segunda, se hizo una valoración subjetiva de los cambios físicos e intensidad de olores.

Se recolectaron 26342 pupas en total, las cuales fueron separadas de acuerdo a su tamaño en pupas grandes y pupas chicas, siendo las primeras 6257 y las segundas 20085. En cuanto a las pupas grandes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad que presentaba la cabeza quemada y la cabeza control. No obstante, en relación a las pupas chicas, sí se encontraron diferencias en el número entre la cabeza quemada y la de control. En cuanto a las larvas, se logró recolectar 641 ejemplares. La diferencia en la cantidad de larvas, entre la cabeza quemada y la de control, no fue estadísticamente significativa, sin embargo, estos datos no son representativos de la realidad, debido a la imposibilidad de atrapar la totalidad de las larvas de Piophilidae.

En cuanto a las variables cualitativas, se observó que tanto los cambios físicos como la intensidad de olores fueron más notorios y predominantes en la cabeza quemada. El olor a putrefacción en la cabeza quemada se percibió más tarde y desapareció antes que en la cabeza de control; además, el olor fue mucho más fuerte y desagradable. Mientras que en la cabeza de

control comenzó a percibirse olor a podrido un día antes que en la cabeza quemada y perduró hasta el último día de recolección, sin embargo, el olor era más suave y soportable.

En Argentina, este es el primer trabajo que propone estudiar la composición y la sucesión de la entomofauna cadavérica en cuerpos alterados por el fuego. Mediante éste se demostró que la sucesión de insectos se acelera en casos de cuerpos quemados, por lo que el IPM podría sobreestimarse si no se tiene en cuenta el impacto que el fuego genera sobre el arribo de los insectos. Es así que los datos aportados aquí sirven de referencia para el estudio de hechos que involucren indicios entomológicos en investigaciones criminales de restos quemados.

## ABSTRACT

Forensic entomology is an importance discipline in judicial field since it uses data from arthropods to estimate post-mortem interval, determine time in which death occurred, verify whether the corpse was moved and determine the presence of toxins. That is why insects play a relevant role in medico-legal cases, being flies, belonging to Diptera order, first to arrive at a corpse. In criminal investigation, is important to assess all the variables that may affect the entomological evidence, such as, for example, whether a body was altered with fire in order to erase clues.

The aim of the present work is to recognize the alterations presented by burned bodies in relation to the succession of cadaveric fauna and the process of decomposition in Plottier city, Neuquén province. For this purpose, two pig heads (*Sus scrofa*) were used, one burned with alcohol and the other as control, placed in metal cages specially designed for this work. Quantitative and qualitative variables were measured. Regarding the former, the number of larvae and pupae was measured; regarding the latter, a subjective evaluation of physical changes and odor intensity was made.

A total of 26342 pupae were collected, which were separated according to their size into large and small pupae, the former being 6257 and the latter 20085. As for the large pupae, no statistically significant differences were found between the number of pupae with burnt heads and the control head. However, in relation to the small pupae, differences in the number of pupae were found between the burned head and the control head. As for larvae, 641 specimens were collected. The difference in the number of larvae between the burned head and the control was not statistically significant, however, these data are not representative of reality, due to the impossibility of trapping all the larvae of Piophilidae.

Regarding qualitative variables, it was observed that both physical changes and odors intensity were more noticeable and predominant in the burned head. The odor of putrefaction in the burned head was perceived later and disappeared earlier than in control head. Moreover, the odor was much stronger and unpleasant. On the other hand, the control head began to smell rotten a day before the burned head and lasted until the last day of harvesting; however, the odor was milder in the control head and bearable.

In Argentina, this is the first work that proposes to study the composition and succession of the cadaveric entomofauna in bodies altered by fire. It was shown that insect succession is accelerated in cases of burned bodies, so that the PMI estimation could be overestimated if the impact of fire on the arrival of insects is not taken into account. Thus, the data provided here serve as a reference for the study of events involving entomological evidence in criminal investigations of burned remains.

## INTRODUCCIÓN

La entomología forense es una disciplina incluida en las Ciencias Forenses que utiliza datos a partir de artrópodos, en el marco de una investigación médico-legal (García Rojo et al., 2009). Gennard (2012) considera un caso médico-legal cuando hay una colonización de insectos en un cuerpo, ya sea vivo o muerto, y una infracción a la ley. Por lo tanto, la entomología forense se emplea en el contexto judicial tanto en tribunales civiles como penales (Centeno y Aballay, 2020).

En el ámbito penal, una de las aplicaciones más habituales es la estimación del intervalo post-mortem (IPM). Existen dos métodos para arribar al IPM, que se pueden utilizar en conjunto o por separado, dependiendo del grado de descomposición del cadáver. El primero se basa en la estimación de la edad de las larvas y su tasa de desarrollo. Cuando el cadáver está en estado avanzado de putrefacción, la estimación de la data de la muerte se basa en el estudio de la sucesión de insectos que acuden al cuerpo, atraídos por la materia orgánica en descomposición o por diversos productos derivados de la putrefacción (García Rojo et al., 2009).

De esta manera, los insectos desempeñan un papel relevante en los casos médico-legales, los cuales, generalmente, son el resultado de actividades ilegales que se descubren al poco tiempo de haberse cometido (Gennard, 2012). En este tipo de actividades, el fuego resulta un recurso útil para el criminal, ya que puede retardar, entorpecer o dificultar la investigación. A partir de este recurso, se pueden destruir pruebas que lo relacionen con el crimen o dificultar la identificación de la víctima o, incluso, puede eliminar casi por completo un cadáver.

Sin embargo, no existen protocolos de actuación que consideren la variable fuego al momento de levantar evidencia entomológica en el marco de una investigación criminalística. Teniendo esto en mente, resulta necesario generar conocimiento sobre esta temática con el fin de precisar la información que brinda la evidencia, garantizando los derechos de las víctimas de muertes violentas. Por lo tanto, acorde a lo establecido por el plan de estudios, que plantea que un egresado de la Licenciatura en Criminología y Ciencias Forense se encuentra capacitado para conocer las diferentes estrategias, métodos y técnicas en Criminología y Ciencias Forenses y, también, para analizar, diagnosticar y evaluar las características operativas en el ámbito de estas dos grandes ramas, se considera de relevancia sumar información desde la entomología forense, debido a su rol importante en el ámbito judicial y, en muchos casos, siendo el único método para datar la muerte. De esta manera, los datos aportados por la entomofauna de un cadáver

sirven, por ejemplo, para descartar o sostener sospechosos, verificar si hubo traslado del cuerpo, determinar la presencia de drogas en el cadáver, etcétera.

Por ello, en el presente trabajo se propone **conocer las alteraciones que presentan los cuerpos quemados en relación a la sucesión de la fauna cadavérica y el proceso de descomposición**. Se pretende que los resultados obtenidos aporten datos útiles sobre el comportamiento de la fauna cadavérica en cuerpos quemados y, por ende, generar conocimiento que permita estimar con mayor precisión el intervalo post-mortem en cuerpos alterados por el fuego. Para lograr esto, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la carbonización de un cuerpo sobre la colonización de insectos.
- Analizar la sucesión de la fauna cadavérica en cuerpos quemados.

Dado que el fuego es un recurso que modifica profundamente las condiciones de los cadáveres, la hipótesis de este trabajo es que **tanto la descomposición del cuerpo como la colonización de insectos se ven alterados en cuerpos quemados**. Se espera encontrar menor cantidad de fauna cadavérica y un patrón de sucesión distinto al esperable en situaciones normales

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### *El origen de la Entomología Forense*

El primer caso de entomología forense fue registrado en China en el siglo XIII por el abogado chino e investigador Sung Tz'u (Benecke, 2001). Tal fue la importancia de los insectos en la escena del crimen que Sung Tz'u, en 1235, escribió un libro médico-legal titulado "Hsi yüan chi lu" (Lavado de los males, 1235) (Gennard, 2012). Allí describe el caso de una víctima de apuñalamiento encontrada cerca de un campo de arroz, cuya herida de arma blanca coincide con una hoz comúnmente utilizada en los campos (Rivers y Dahlem, 2014). Al día siguiente, durante la investigación, Tz'u ordenó que cada trabajador deposite su hoz en el suelo y observó que una de las hoces tenía una marcada presencia de moscas cojoneras (Diptera: Calliphoridae) atraídas, al parecer, por los rastros de sangre y tejidos (Rivers y Dahlem, 2014). El dueño de dicha hoz, al ser confrontado, confesó el crimen (Benecke, 2001).

Además de este primer caso, Sung Tz'u resgistró la aparición de gusanos en un cadáver durante la estación cálida y su posible utilidad para reconocer heridas antemortem (Byrd y Castner, 2009). Más tarde, en 1976, Leclercq y Lambert reforzaron la preferencia de ciertas moscas cojoneras por la sangre, dado que encontraron *Calliphora vomitoria* en un cadáver, después de 6 horas de la autopsia, poniendo huevos en la sangre, pero no en las heridas del cadáver (Benecke, 2001). A pesar de este primer caso registrado por Sung Tz'u, Gennard (2012) sostiene que los chinos a mediados del siglo X ya utilizaban la presencia de moscas y otros insectos como herramientas en la investigación de la escena del crimen.

En la edad media hay varios documentos que ilustran gusanos en los cadáveres, ya que, además de médicos y jurídicos, varios escultores, pintores y poetas observaron de cerca la descomposición de los cuerpos humanos y los efectos de la alimentación de los gusanos. Entre esos documentos se destacan las xilografías de la "Danza de la muerte" y la escultura de marfil "Esqueleto de la tumba", las cuales representan la reducción de la masa corporal, los órganos internos y la temprana esqueletización del cráneo debido a la acción de los insectos. Estas obras, tienen el respaldo del biólogo Carl Von Linné quien, en 1767, afirmó que tres moscas destruirían un caballo tan rápido como un león (Benecke, 2001).

A partir del siglo XIII hubo una serie de avances en biología que sentaron las bases para que la entomología forense se convierta en una rama de estudio científico. En toda Europa se llevaron

a cabo trabajos en biología, en los cuales el uso de insectos en las investigaciones legales tuvo gran impacto. Entre los más significativos se encuentran las investigaciones realizadas por el médico y naturalista italiano Francesco Redi y por el naturalista Carolus Linnaeus, también conocido como Carl Von Linné (Rivers y Dahlem, 2014).

Redi, en 1667, puso a prueba la teoría de la generación espontánea o abiogénesis, es decir, la idea de que los gusanos se forman espontáneamente de la carne (Rivers y Dahlem, 2014). Para ello utilizó carne de varias especies de animales y demostró que los gusanos se desarrollan a partir de huevos puestos por las moscas, es decir, los adultos son atraídos por la carne en descomposición y depositan allí- o cerca de ella- sus huevos, de los cuales surgen las crías (gusanos) (Gennard, 2012).

Por su parte, Linné, en 1735, desarrolló un sistema de nomenclatura (binomio) para clasificar plantas y animales, el cual proporcionó un medio de identificación de especies y, a partir de ello, se pudo determinar la duración de las etapas del ciclo vital de los insectos y desarrollar indicadores del tiempo transcurrido desde la muerte (Gennard, 2012). Este método le otorgó el título de padre de la taxonomía (Rivers y Dahlem, 2014). Más tarde, en 1752, Gleditsch describió el rol de los escarabajos de las tumbas o *burying beetles* (Ayón, 2019).

Los años entre 1800 y 1900 se destacan por las exhumaciones masivas en Francia y Alemania, donde los médicos legistas observaron que los cuerpos enterrados estaban habitados por artrópodos. En 1831, el médico francés Orfila tras observar un gran número de exhumaciones, comprendió que las larvas desempeñan un papel importante en la descomposición de cadáveres (Benecke, 2001).

En Norteamérica, la Guerra Civil de los Estados Unidos (1861-1865) fue, quizás, el acontecimiento entomológico forense más profundo. Los olores de la descomposición de los tejidos, que incluían putrescina y cadaverina, servían como señales para atraer la atención de las moscas y escarabajos necrófagos. Se observó que los cuerpos negros e hinchados estaban cubiertos de gusanos o tenían la apariencia de "cuerpos con gusanos" (Broadhead, 1864; Stotelmyer, 1992) (Rivers y Dahlem, 2014).

Sin embargo, no fue hasta mediados del siglo XIX que un caso judicial contribuyó a establecer la entomología forense como herramienta para investigar un crimen. El caso fue presentado por el médico francés Marcel Bergeret e incluyó una estimación del intervalo post-mortem (IPM)

a partir de larvas de moscas y pupas de polillas (Benecke, 2001). Bergeret, en 1850, investigó la muerte de un bebé momificado atrapado en la chimenea de una casa alquilada; al realizar la autopsia descubrió larvas de una mosca de la carne (*Sarcophaga carnaria*) y algunas polillas (mariposas nocturnas). Tras evaluar la fauna, ofrece un resumen sobre el ciclo vital de los insectos en general, en el cual asume que la metamorfosis requiere un año completo por lo que supone que las hembras ponen huevos en verano, las larvas se transforman en pupas en la primavera y al verano siguiente eclosionan. Por lo tanto, llega a la conclusión de que las dos generaciones de insectos halladas en el cadáver representan dos años post-mortem. Es decir que, en 1848 la mosca depositó los huevos y en 1849, la polilla puso sus huevos en el cadáver ya seco (Benecke, 2001). Como resultado de esta estimación, los ocupantes actuales de la casa quedaron exonerados y los anteriores a 1848 fueron acusados (Gennard, 2012). A pesar de los errores de Bergeret en el ciclo de vida de las moscas, este caso representa la primera aplicación del IPM y preparó el camino para los estudios posteriores citados en Nuorteva (1977), Keh (1985), Smith (1986) y Catts y Goff (1992) (Byrd y Castner, 2009).

En 1878, el patólogo francés Paul Camille Hippolyte Brouardel describió una autopsia infantil en la que un recién nacido estaba cubierto de artrópodos, entre ellos larvas de moscas de la mantequilla y ácaros. Dado que la identificación de los especímenes estaba fuera de su ámbito, recurrió a la ayuda de Monsieur Perier y de Jean Pierre Mégnin (Rivers y Dahlem, 2014). Por su parte Perier - profesor del Museo de Historia Natural de París- determinó que las larvas de mariposa eran "chenilles d'aglosses", es decir, larvas del género *Aglorra* (polilla pequeña, familia Pyralidae). Por el estado de conservación y por las larvas encontradas, afirmó que el bebé podría haber nacido y muerto el verano anterior, es decir, unos 6-7 meses antes de la autopsia del cadáver e informó que lo más probable es que el cuerpo se secase antes de ser abandonado. Mientras que Mégnin -veterinario del ejército- se encargó de determinar los ácaros. Calculó que en todo el cuerpo había 2,4 millones de ácaros vivos y muertos. Además, calculó que, al cabo de 90 días, había 1 millón de hembras y 300.000 machos. De acuerdo a esto, hizo una estimación conservadora e informó de que el cadáver estuvo abandonado durante al menos tres meses (tres meses de desarrollo de los ácaros, precedidos por dos meses de desecación), pero más probablemente 7-8 meses (Benecke, 2001).

En abril de 1881, el médico alemán Hermann Reinhard informó el primer estudio sistemático en entomología forense. Concentrándose en cuerpos exhumados de Saxonia, pudo establecer cuáles insectos eran necrófagos de cuerpos enterrados y condujo a la identificación de los

fóridos (Diptera: Phoridae), un grupo de pequeñas moscas que suelen habitar en cadáveres enterrados o encerrados, lo que les concedió el nombre común de moscas de los ataúdes o de los mausoleos (Rivers y Dahlem, 2014). Más tarde, en 1886, Hofmann también le atribuyó el nombre de “moscas de ataúd” a los fóridos hallados en exhumaciones en Franconia. Dichas moscas fueron identificadas taxonómicamente por el entomólogo Brauer en Viena quien, además, describió escarabajos en tumbas de más de 13 años. El trabajo de Reinhard fue muy conocido durante mucho tiempo, y en 1928 apareció una amplia cita de su trabajo en la obra de Schmitz, el experto en moscas de la familia Phoridae, (Benecke, 2001).

Si bien Jean Pierre Mégnin era veterinario, se convirtió en miembro de la Academia Francesa de Medicina en 1893, podría decirse, entonces, que se consideraba principalmente un médico. Se basó en sus 13 años de experiencia médico-legal con cadáveres para publicar 14 artículos, entre 1883 y 1896 (Benecke, 2001). Sus obras fundamentales fueron “*Faune des Tombeaux*” y “*La Faune des Cadavres*”, en las cuales relaciona las ocho oleadas de sucesión de insectos en cadáveres situados en entornos terrestres, más conocidas como “escuadras de la muerte”, con las etapas de descomposición humana. Proporcionó detalles sobre la morfología de los adultos y las larvas y dedicó tiempo a recoger e identificar especies de moscas necrófagas utilizando el sistema binomial desarrollado por Linné. Se puede argumentar con certeza que Mégnin sea reconocido como el padre de la entomología forense (Rivers y Dahlem, 2014).

Posteriormente, se demostró que la velocidad de las etapas de descomposición varía y que dependen de las condiciones ambientales, como la temperatura y, por ejemplo, el tamaño del cadáver y el hecho de que estuviera o no vestido (Gennard, 2012). Inspirados por Mégnin los investigadores canadienses Wyatt Johnston y Geoffrey Villeneuve, iniciaron una serie de estudios entomológicos sistemáticos sobre cadáveres humanos. Su objetivo era perfeccionar el trabajo de Mégnin y adaptarlo a sus faunas locales (Benecke, 2001).

Murray Galt Motter, y sus colaboradores, en 1896 y 1897, revisaron sistemática y críticamente más de 130 cadáveres exhumados en Washington, DC. En su informe, titulado "Zoología subterránea y medicina legal", proporcionan descripciones de los hallazgos entomológicos, sobre el tipo de suelo, la profundidad de las tumbas, etcétera (Benecke, 2001).

Durante el siglo XIX, hubo un aumento notorio de casos relacionados con la entomología forense, principalmente centrados en los patrones de mordedura de cucarachas y hormigas. Entre ellos se destacan el caso llevado adelante por el médico alemán Klingelhöffer, en el cual

la policía local detuvo al padre de la víctima como sospechoso de asesinato. En primera instancia, se pensó que el padre había envenenado, posiblemente con ácido sulfúrico, a su bebé de nueve meses, en mayo de 1889, ya que presentaba manchas en la nariz, labios y garganta. Sin embargo, Klingelhöffer, al realizar la autopsia no encontró signos de envenenamiento y concluyó que los patrones de abrasión fueron causados por cucarachas. El padre de la víctima recuperó su libertad después de tres semanas de prisión (Rivers y Dahlem, 2014).

Otro caso muy similar ocurrió en abril de 1899 en el cual Horoszkiewicz, tras realizar la autopsia a un niño, no encontró signos de muerte violenta, pero observó numerosas abrasiones en la nariz, las mejillas, los labios, la barbilla, el cuello, el dorso de la mano izquierda, en los dedos, los genitales y en la parte interna de los muslos. Al tomarle declaración a la madre, ésta declaró que, al volver de preparar el funeral, el cuerpo de su hijo estaba cubierto por un “manto” negro de cucarachas, pero no vio abrasión alguna en ese momento. Horoszkiewicz, para corroborar si las cucarachas eran la única causa de las abrasiones, puso trozos de tejido fresco de cadáveres humanos en vasos llenos de cucarachas. No se notaron signos de alimentación inmediatamente, sino, más bien, después de la alimentación, cuando la piel se secó, por ello la madre no vio las abrasiones (Benecke, 2001).

El médico forense Maschka, de Austria, en un caso halló abrasiones en un niño cuyo cuerpo estaba en un pozo. Se suponía que las lesiones fueron causadas por un agresor sexual, el cual, posiblemente, abusó del niño y luego lo estranguló. Sin embargo, el médico llegó a la conclusión de que las lesiones fueron causadas por artrópodos. En otro caso, se pensó que un padre envenenó con ácido sulfúrico a su bebé de tres días, pero al declarar manifestó que después de que su bebé muriera, por causas naturales, lo colocó cerca de la ventana (22:00hs del 14/04/1880) y al día siguiente (4:00 hs del 15/04/1880) la cabeza del niño estaba cubierta de hormigas. Los hallazgos de Maschka en la autopsia coincidían con el relato del padre (Benecke, 2001).

Los casos descritos por Klingelhöffer, Horoszkiewicz y Maschka tienen en común que las marcas de alimentación o de mordeduras de insectos aparecen postmortem. En esta época, los cuerpos humanos no se enterraban inmediatamente después de la muerte, por lo tanto, el cadáver era una fuente de alimento para una serie de insectos, ya que se descomponía, emitía olores y estaba disponible durante días. El daño por alimentación de los insectos provocaba

abrasiones semejantes a las lesiones por envenenamiento con ácido sulfúrico, un método común de asesinato o suicidio durante el siglo XIX (Rivers y Dahlem, 2014).

Otro relato experimental fue el del médico forense Eduard Ritter von Niezabitowski. Sus experimentos se llevaron a cabo entre mayo de 1899 y septiembre de 1900, utilizando fetos abortados y cadáveres de gatos, zorros, ratas, topos y terneros. Su principal contribución fue demostrar que los cadáveres humanos y cadáveres de animales comparten la misma fauna (Benecke, 2001).

En el siglo XX, el nivel de aceptación de la entomología forense en el entorno judicial fue notable, principalmente por los resultados de los estudios científicos, llevados a cabo tanto por académicos como por profesionales que trabajan junto a la policía y las autoridades judiciales. Como resultado, la base temática se perfeccionó y se desarrollaron protocolos y procedimientos forenses rigurosos para elevar su nivel de estima (Gennard, 2012). Además, este siglo se caracterizó por los avances en entomología general. Prueba de ello son los excelentes trabajos descriptivos de Jean Henri Casimir Fabre (1823-1915) y Alfred Brehm (1829-1884). Fabre escribió una serie de artículos y textos denominados “*Souvenirs Entomologiques*” (Recuerdos de la vida invertebrada) donde describe numerosos insectos y arácnidos, específicamente especies de escarabajos carroñeros y moscas necrófagas (Rivers & Dahlem, 2014). Por su parte, Brehm publicó el libro “*Thierleben*” (Vida de los animales) (Benecke, 2001).

A partir de 1920 se dieron a conocer listas de especies y monografías sobre insectos de importancia forense, centradas en la ecología, el metabolismo y la anatomía. Además, hubo un creciente interés por el control de plagas y la “terapia de gusanos”, de las cuales surgieron muchas contribuciones, por ejemplo, del control de plagas se descubrió que las moscas adultas pueden estar presentes cerca de personas o animales moribundos (Benecke, 2001).

Este interés también llegó a Karl Meixner - profesor del Instituto de Medicina Legal de Viena e Innsbruck- quien informó de casos de cadáveres que se desintegraban rápidamente mientras estaban almacenados en el sótano del instituto; a su vez, la desintegración era más dramática en los cadáveres de menores. Tiempo después, Hermann Merkel -profesor del Instituto de Medicina Legal de Munich- amplió las observaciones de Meixner con informes de casos que demostraban que las circunstancias de la muerte podían influir en la sucesión de insectos. Por ejemplo, el caso donde un hijo asesinó a sus padres y colocó los cuerpos uno al lado del otro durante tres semanas. Al momento de la autopsia, los cuerpos estaban en diferentes estados de

descomposición; la madre, de cuerpo obeso, con un solo disparo en el corazón, estaba en etapa hinchada, con los globos oculares destruidos por la acción de las larvas y, además, había gran masa de larvas en el interior del tejido cerebral, mientras que los órganos internos estaban intactos y no había larvas dentro de las capas de grasa. Por su parte, el padre, de cuerpo delgado, con un disparo y varias lesiones por apuñalamiento, fue infestado por gran masa de larvas en todas las cavidades, con todos los órganos destruidos y con pupas desarrolladas. Las múltiples lesiones atrajeron a las moscas para que depositen sus huevos, no solo en las cavidades naturales sino, también, en las heridas (Benecke, 2001).

En Italia, el director del Instituto de Medicina Legal de la Universidad de Bari, Bianchi, escribió en 1929 una "contribución al estudio práctico y experimental de la fauna de los cadáveres", en el cual relata el caso de un cadáver de 4 años que presentaba lesiones reseca en la piel de las orejas, los brazos, la zona abdominal y la parte superior de los muslos; entre los artrópodos recogidos del cadáver se encontraban ácaros, "escorpiones muy pequeños", pequeños escarabajos y hormigas. Bianchi llegó a la conclusión de que las lesiones debían haber sido causadas por hormigas de la misma especie que las encontradas en el cadáver en un período de unas 24 horas (Benecke, 2001).

Además, durante la década de los 1930, los insectos hallados en cuerpos sumergidos comenzaron a cobrar interés. Josef Holzer (1937) y, posteriormente, Hubert Casper demostraron la importancia de las moscas caddis (orden Trichoptera) en las investigaciones sobre cuerpos sumergidos en entornos de agua dulce (Rivers & Dahlem, 2014). En particular, Holzer, médico forense, encontró en un caso de 1937 que las moscas caddis habían destruido todas las capas de la piel de los muslos hasta el borde inferior de un pantalón corto, así como partes más grandes de la piel de la cara. Este tipo de destrucción no había sido observada anteriormente, por lo que Holzer recogió moscas caddis de la masa de agua en la que se había encontrado el cadáver y las introdujo en tres acuarios que contenían un feto abortado, una rata y una cobaya. De esta manera, demostró que las moscas caddis eran la causa de las lesiones observadas en el niño (Benecke, 2001). Por su parte, Caspers relata el caso de una mujer hallada muerta en un molino de viento en 1948, desnuda casi por completo -solo tenía puesto un par de calcetines- y envuelta en un saco. La cuestión era saber si el cuerpo fue arrojado allí inmediatamente después del asesinato o si fue depositado en otro lugar antes de ser arrojado. Al analizar las moscas, llegó a la conclusión de que el cuerpo estuvo en el agua al menos una semana (Benecke, 2001).

En relación a esto último, en septiembre de 1935, recuperaron en un río cercano a Moffatt, en Escocia, varias partes de un cuerpo, identificados como procedentes del cuerpo de dos mujeres. La presencia de larvas del tercer estadio del moscardón *Calliphora vicina* indicó que los huevos habían sido puestos antes de que los cuerpos fueran arrojados al río (Gennard, 2012).

En 1948, Hall publicó su tratado “*The Blowflies of North America*”, precedido por “*Sarcophaga and Allies*”, de J.M. Aldrich (1916), los cuales sirvieron como referencias para los entomólogos con diversos intereses en estas moscas. Le siguió Adel S. Kamal, en 1958, con sus esfuerzos por caracterizar la bionómica de 13 especies de moscas necrófagas que representan a las familias Calliphoridae y Sarcophagidae. La investigación aportó información sobre varias características claves del ciclo vital de las moscas adultas y ofreció datos sobre el desarrollo de cada estadio de la mosca a múltiples temperaturas de cría. Más tarde, en 1965, apareció por primera vez el artículo seminal de Jerry Payne sobre la sucesión de los insectos donde se destacaba el valor de utilizar cerdos para estudios de sucesión. En la actualidad, es una práctica común utilizar a los adultos del cerdo de *Sus scrofa* como modelos para emular la descomposición de los humanos adultos (Rivers y Dahlem, 2014).

Entre los años 1960 y mediados de 1980, la entomología forense fue mantenida principalmente por el médico Marcel Leclecq (Bélgica) y el profesor de biología Pekka Nuorteva centrándose en el trabajo de casos (Benecke, 2001), pero, además, el crecimiento notable también fue por los trabajos de B. Greenberg, E.P. Catts, L.M. Goff, N.H. Haskell, W. Lord, K. Kim, L. Meek, Z. Erinçlioglu, J. Amendt, G. Anderson, J. Byrd, M. Benecke, C. Campobasso, I. Dadour, L. Higley, R. Merritt, J. Tomberlin, S. VanLaerhoven, J. Wallace, J. Wallman, J. Wells y otros (Rivers y Dahlem, 2014).

Estos grandes avances, llevó a la publicación de manuales que detallan los procedimientos de recogida y uso de pruebas entomológicas en las investigaciones criminales (Smith, 1986; Haskell y Williams, 2008), un texto para formar a los agentes de la ley y a los investigadores criminales sobre entomología forense (Byrd y Castner, 2010), una recopilación de las investigaciones actuales en el campo (Amendt et al., 2010) y un libro introductorio para alimentar el creciente interés tanto del público no especializado como de los que tienen una formación científica (Gennard, 2007). También, se comenzaron a formar organizaciones dedicadas a la entomología forense en Norteamérica y Europa, entre las que se encuentran la Asociación Norteamericana de Entomología Forense (ANEF), la Junta Americana de

Entomólogos Forenses (JAEF) y la Asociación Europea de Entomología Forense (AEEF). Organizaciones como la Academia Americana de Ciencias Forenses (AACF), la Sociedad Canadiense de Ciencias Forenses (SCSF) y la Sociedad Entomológica de América (SEA) (Rivers y Dahlem, 2014).

Desde entonces, la investigación básica y la aplicación avanzada de la entomología forense en EE.UU., Rusia, Canadá, Francia y Japón, así como el trabajo en otros países, tales como Inglaterra e India, abrieron el camino al trabajo rutinario en casos. En la actualidad, los investigadores de todo el mundo utilizan la entomología en investigaciones criminales, incluidos casos de homicidios y otros casos de gran repercusión (Benecke, 2001).

### ***La entomología forense en Argentina***

En nuestro país, no fue hasta la última década del siglo XX que se estudiaron de forma metódica los insectos de interés forense de la Argentina (Oliva), salvo varios casos conducidos por médicos legistas argentinos cuyos resultados no fueron publicados (Oliva, 2002) y por Mariluis y Schnack (1989, 1996), quienes estudiaron la ecología de los moscardones (Diptera: Calliphoridae) (Moretti y Godoy, 2015).

Hacia fines de 1993, Adriana Oliva comenzó a realizar pericias entomológicas para el Cuerpo médico forense de la Justicia Nacional (Buenos Aires) (Oliva, 2002) entre las que cabe mencionar el Caso Carrasco (1994). En ese mismo año, en el Museo argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” se creó el Laboratorio de Entomología Forense (Torrez et al., (2006). En 1996, el XX Congreso Internacional de Entomología -realizado en Florencia, Italia- permitió que cada uno de los grupos comunicara su trabajo al resto de la comunidad científica (Oliva, 1996; Souza y Linhares, 1996a, b) (Oliva).

Si bien en 1995 hubo un primer trabajo de divulgación para los médicos (Olivia et al., 1995) este se basó en bibliografía, cuya información puntual no era válida para nuestro país (Oliva, 2002), por lo que se tomó la iniciativa de recolectar datos locales. Fue así que un año más tarde, Oliva (1997) presentó el primer listado de insectos de interés forense en la provincia de Buenos Aires y aportó datos bionómicos de algunas especies (Moretti y Godoy, 2015).

Centeno et al., (2002) también llevaron a cabo en Buenos Aires estudios sobre los patrones de colonización de artrópodos en los cadáveres de cerdos a lo largo del año. Recopilaron una lista

de comprobación de artrópodos relacionados con la carroña e investigaron posibles patrones de sucesión de insectos (Moretti y Godoy, 2015).

Desde entonces se han realizado experimentos de campo en diferentes regiones del país, utilizando el cerdo doméstico como modelo (Centeno et al., 2002, Aballay et al., 2012, Armani et al., 2015). El conocimiento de la fauna cadavérica es importante por su potencial utilidad como herramienta en el campo de la entomología forense (Aballay et al., 2008), por lo tanto, llevar a cabo experimentos en diferentes regiones argentinas es fundamental ya que la fauna cadavérica se dará -entre otras- de acuerdo a los factores ambientales, los cuales en nuestro país varían ampliamente.

La mayoría de los estudios sobre la comunidad sarcosaprófaga se realizaron principalmente en localidades del centro y norte del país, tales como Córdoba (Battán Horenstein et al., 2005, 2010, 2012; Battán Horenstein y Linhares, 2011; Battán Horenstein y Salvo, 2012), Buenos Aires (Oliva, 1997; Centeno et al., 2002; Mariani et al., 2014; Zanetti et al., 2015), Mendoza (Aballay et al., 2012), San Juan (Aballay et al., 2008), Salta (Ayón et al., 2004) y La Rioja (Peñaloza y Oliva, 2013). En cuanto a la región patagónica se halla el trabajo de Armani et al., (2015) cuyo objetivo fue determinar la composición específica de la artropodofauna asociada a modelos experimentales porcinos en el ambiente de estepa, característico de la región noreste de la provincia de Chubut. En Neuquén, Pereira et al., (2018) han estudiado la composición y la distribución espacial y estacional de las especies de Calliphoridae, siendo el primer estudio en esta provincia.

Asimismo, se realizaron estudios de sucesión de entomofauna cadavérica en relación con las estaciones del año, bajo la condición de sol y sombra, en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza y Salta (Centeno et al., 2002; Battán Horenstein et al., 2010; Aballay, 2012; Ayón, 2013), cuyos resultados tienen aplicación en las localidades estudiadas (Aballay, 2014). Y, además, hay estudios en ambientes de altura Aballay et al. (2011) y estudios de la composición de entomofauna cadavérica en el suelo debajo de cadáveres identificando estratos y asociaciones con diferentes profundidades Aballay et al. (2017).

## MARCO TEÓRICO

Cuando ocurre un hecho criminal, varias disciplinas intervienen para resolver quién cometió el delito, cómo y cuándo. Estas participan con el fin de complementar a la investigación criminalística de forma específica y especializada.

Para Montiel Sosa (2003):

la criminalística es una ciencia penal natural que mediante la aplicación de sus conocimientos, metodología y tecnología al estudio de las evidencias materiales, descubre y verifica científicamente la existencia de un hecho presuntamente delictuoso y al o los presuntos responsables, aportando las pruebas a los órganos que procuran y administran justicia. (p. 37)

En particular, una de las disciplinas que contribuyen a la criminalística es la entomología. Según Raymonda (2005), la entomología se puede clasificar en:

- Entomología general: se encarga del estudio de los órganos, funciones vitales, formas de reproducción y desarrollo de los insectos, como así también de su clasificación y descripción.
- Entomología agrícola: estudia los insectos que atacan las plantas silvestres y aquellas cultivadas por el hombre para elaborar medidas de control contra ellos. Además, estudia las plagas, parásitos y predadores.
- Entomología económica: estudia los insectos considerando los beneficios económicos que puedan obtener de ellos o los perjuicios que puedan ocasionar.
- Entomología médica: estudia aquellos insectos que atacan directa o indirectamente al hombre y a sus animales domésticos transmitiéndoles enfermedades o causando trastornos y molestias.
- Entomología forense: se basa en la sucesión ecológica de los artrópodos que se instalan en un cadáver para determinar la fecha de la muerte de una persona por medio de cálculos del ciclo reproductivo de determinados insectos, principalmente de mosca de interés forense.

Vinculada al ámbito judicial, la entomología se divide en tres áreas principales (Ayón, 2019):

- Entomología urbana: incluye plagas en casas y jardines
- Entomología de productos almacenados: contaminación de productos comerciales de gran alcance
- Entomología médico-criminal o legal: como su nombre lo indica es el acoplamiento de conocimientos entomológicos con medicina legal para responder a acontecimientos específicos como, por ejemplo, determinar el intervalo post-mortem (IPM) mediante el uso de insectos u otros artrópodos asociados al cadáver en descomposición. De esta manera logra obtener datos para establecer la data de muerte; este es el componente dominante y el más importante de la entomología forense general.

Según Concha (2001), los principales objetivos de la Entomología Forense son:

- A. Datación de la muerte a través del estudio de la fauna cadavérica.
- B. Determinación de la época del año en que ha ocurrido la muerte.
- C. Verificar que un cadáver ha fallecido en el lugar donde ha sido hallado o ha sido trasladado hasta el mismo.
- D. Dar fiabilidad y apoyo a otros medios de datación forense.

### ***Intervalo post-mortem***

Frente al descubrimiento de un cadáver humano surgen tres interrogantes: dónde, cómo y cuándo murió el individuo. Estimar el intervalo post-mortem (IPM), es decir, el tiempo transcurrido entre la muerte de una persona y el descubrimiento del cadáver (Ayón, 2019), es una tarea muy valiosa, tanto en el ámbito penal como el civil. Esta información, por ejemplo, puede determinar si hubo o no abandono de persona, establecer el orden de fallecimiento de dos personas a fin de otorgar derechos sucesorios, incriminar o exculpar a un posible sospechoso de homicidio; en función del tiempo en el que ocurrió el deceso (Trezza, 2012).

La entomología aplicada a las ciencias forenses ofrece herramientas que contribuyen a estimar el IPM y, sobre todo, cobra mayor importancia y juega un papel único después de las 48-72 horas desde la muerte, cuando las técnicas médico-forenses (enfriamiento, rigidez cadavérica, livideces, etc) se vuelven menos precisas y hay menos información con la que correlacionar el IPM (Rivers y Dahlem, 2014).

La entomología forense puede proporcionar el IPM a través de dos técnicas:

1. Por la sucesión faunística o de insectos que son atraídos a los pocos minutos de la muerte. Esta técnica se basa en que las especies llegan al cadáver, de forma sucesiva, siguiendo un patrón definido. El tiempo es estimado por la última especie en colonizar.
2. Por el grado de desarrollo de los estadios inmaduros de los grupos que hayan colonizado el cuerpo en primer término, principalmente moscas de las familias Calliphoridae o, más raramente, Sarcophagidae o Muscidae” (Centeno y Aballay, 2020). De esta manera, el tiempo es estimado por la larva más antigua hallada en el cadáver. “Este enfoque se basa en trabajar hacia atrás desde el estadio de desarrollo descubierto hasta la oviposición/larviposición” (Rivers y Dahlem, 2014, p.217).

Según Gennard (2012), ambas formas de estimación del IPM “pueden aplicarse en un periodo de horas, semanas o años” (p.29). Sin embargo, la primera se suele utilizar en casos donde el IPM es de meses o años y la segunda, responde con mayor precisión en hechos con muertes de días y semanas.

Cabe destacar que los insectos aportan un IPM mínimo que representa desde el momento en que las moscas colonizan el cadáver hasta el descubrimiento del estadio de mosca más antigua en el cadáver. Por otro lado, el IPM máximo es el periodo de tiempo desde que el fallecido fue visto con vida por última vez hasta el momento del descubrimiento y, generalmente, abarca un periodo que los datos de los insectos sólo pueden contribuir parcialmente (Villet et al., 2010).

Al momento de estimar el IPM, es importante tener en cuenta algunas variables tales como condiciones ambientales (temperatura, humedad, vientos, lluvia, etc.), latitud geográfica, tipo de sustrato, tipo de vegetación, lugar donde se halla el cuerpo, circunstancias de la muerte y condiciones de cuerpo previo a la muerte (Pomponio, 2017).

### ***Sucesión de fauna cadavérica***

“La sucesión de fauna cadavérica se refiere a la secuencia de especies que intervienen en la descomposición cadavérica” (Oliva y Penela, 2016, p. 27). Siguiendo a Amendt et al. (2011), ésta, además de estimar el intervalo post-mortem de cadáveres de varios meses o años, ayuda a identificar la estación en que ocurrió la muerte y/o demostrar el transporte post-mortem del cadáver. Esto es posible debido a que no todas las especies se distribuyen de igual forma en el tiempo y en el espacio, sino que presentan preferencias, por ejemplo, por alguna estación del año o cierto tipo de lugar como ciudades o espacios rurales (Pereira et al., 2018).

Desde el momento en que el cadáver pasa a ser una fuente de alimento, se desencadena un proceso que comienza con la llegada de insectos atraídos por el cuerpo fresco u olores que estos desprenden hasta la esqueletización o desaparición de los restos (Trezza, 2006). Es decir, el cadáver atraviesa una serie de cambios y transformaciones fisicoquímicas que lo convierten en un ecosistema único y dinámico. Dependiendo de las etapas de descomposición del cadáver se van sucediendo con el tiempo, junto a este, una serie de organismos que lo colonizarán (Pomponio, 2017). Generalmente, los primeros insectos en llegar son las moscas (Dípteras), principalmente Calliphoridae, tras detectar gases -como el amoníaco (NH<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (SH<sub>2</sub>), nitrógeno libre (N<sub>2</sub>) y anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)- mucho antes que el olfato humano (Pomponio, 2017). Por ello, de acuerdo con Amendt et al., (2011), estas especies pueden localizar una fuente de olor con gran precisión espacial y depositar sus huevos en un cadáver a los pocos minutos-horas de la muerte y, en algunas ocasiones, se han encontrado puestas en personas que aún se encontraban agonizando (Pomponio, 2017).

Megnin (1894) clasificó a estas especies en grupos u oleadas de insectos, y ácaros, que son atraídos por una etapa de descomposición o periodo, que trabajan en conjunto, pero no concurren todos al mismo tiempo, sino, más bien, en una secuencia cronológica a las que denominó “Cuadrillas de la muerte”. Dichas cuadrillas son ocho:

1. Cadáver fresco: encabezada por moscas que ocupan el cadáver fresco hasta la formación de ácidos grasos. Tanto esta cuadrilla -como la segunda- están formadas exclusivamente por dípteros de la familia Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae.
2. Olor cadavérico: llegan en cuanto perciben el olor cadavérico. Está compuesto por moscas principalmente del género *Lucilia*, *Calliphora* y *Sarcophaga*.
3. Grasas rancias: estas especies son aficionadas, tanto para ellas como sus crías, por las sustancias grasas que han sufrido una fermentación ácida (grasas rancias), es decir, es la etapa de fermentación butírica. Está compuesta por coleópteros del género *Dermestes* y lepidópteros.
4. Proteínas en descomposición: aparecen cuando se produce la fermentación de las sustancias albuminoides o proteínas, es decir, la fermentación caseica. Está constituida por especies de la familia Piophilidae.
5. Fermentación amoniacal: a las fermentaciones butíricas y caseicas les sucede una fermentación amoniacal compuesta. Esta quinta cuadrilla de especies pertenecen a dípteros y coleópteros, quienes consumen la licuefacción negruzca de la materia animal

no consumida por las especies de los escuadrones anteriores. Las moscas de cuadrillas de interés forense con las que pertenecen a los géneros *Tyrcochore*, *Lonchea*, *Ophyra* y *Phora*.

6. Desecación: esta oleada completa la absorción de todos los restos anteriores. El resultado de su acción es la completa desecación o momificación de las partes orgánicas que resistieron a las fermentaciones anteriores. Todas las especies de este escuadrón son Acarinae (acáros).
7. Momificación: el cadáver completamente momificado da lugar a ciertos Coleópteros, algunos de los espacios de los *Dermestes*, *Altagenes* y *Anthrenes*; y ciertos microlepidópteros de los géneros *Aglossa* y *Tineola* que roen los tejidos membranosos apergaminados, los ligámenes y los tendones transformados en un material duro y de aspecto resinoso. Además, desaparecen los pelos y el cabello.
8. Desaparición de los restos: esta cuadrilla viene a consumir los restos que han dejado las oleadas anteriores. Está formada por insectos que pertenecen al género *Tenebrio* y *Ptinus*.

Marcel Leclercq (1978), siguiendo las oleadas propuestas por Megnin, retoma el tema de la datación del deceso y divide a los organismos cadavéricos en cuatro categorías:

- Necrófagos: se alimentan del cadáver.
- Necrófilos: se alimentan de los necrófagos (predadores, parásitos y parasitoides).
- Omnívoros: se alimentan de los tejidos cadavéricos o los insectos necrófilos o ambos.
- Oportunistas o accidentales: usan el cadáver como refugio.

Posteriormente, Torrez et al. (2006) desarrollaron un sistema más moderno, aplicado en trabajos de campo y para el cual se utilizó, como modelo experimental, el cerdo doméstico (*Sus scrofa*). De allí surgieron cinco estados de descomposición en cuerpos al aire libre:

1. Etapa fresca (*fresh stage*): hasta que se hincha el abdomen.
2. Etapa hinchada (*bloated stage*): hasta que se deshincha por ruptura de la piel (corresponde a la etapa enfisematosa en medicina).
3. Etapa de descomposición de la carne (*decay stage*).
4. Etapa de descarnamiento (*post-decay stage*): carne prácticamente consumida.
5. Etapa esquelética (*skeletal stage*): solo quedan huesos y pelos.

A su vez, la fauna o sucesión cadavérica puede dividirse en cuatro períodos: sarcófágico, dermestérico, silfiano y acarino, cada uno de ellos agrupa distintas especies. Torrez et al. (2006) consideran que el periodo sarcófágico es el de mayor interés médico legal.

### *Órdenes taxonómicos de interés forense*

Dentro de los insectos, las especies de mayor interés forense pertenecen a los órdenes Díptera, Coleóptera e Himenóptera.

- *Dípteros*

Comúnmente conocidos como moscas, es uno de los órdenes más grandes del mundo con 150.000 especies descritas (Yeates y Wiegmann, 2005). Las hembras de estas especies son atraídas por las sustancias químicas que despiden un cuerpo al comienzo del proceso de descomposición. En sus fases larvales se alimentan de materia orgánica proveniente de tejidos animales vivos o en proceso de descomposición. Por lo tanto, estas especies son objeto de estudio de la entomología forense y el conocimiento sobre su taxonomía, ecología y fisiología es importante para poder utilizarlas como indicios fehacientes en una investigación criminal (Lei et al., 2019). Las familias más comunes y principales de interés forense son *Calliphoridae*, *Muscidae* y *Sarcophagidae* (López Martín, 2013).

- *Coleópteros*

Son conocidos comúnmente como escarabajos, contiene muchos grupos de importancia forense y es el más diverso en especies en un cuerpo en descomposición. Dado que su hábito alimenticio es variado, pueden encontrarse coleópteros depredadores, carroñeros o detritívoros y parásitos (Byrd y Castner, 2009). Las familias más importantes son *Staphylinidae*, *Carabidae*, *Histeridae*, *Silphidae*, *Dermestidae* y *Cleridae*. Estas últimas tres viven en la carroña (López Martín, 2013).

- *Himenópteros*

Este orden comprende a las hormigas, abejorros, abejas y avispas, entre otros. Tanto las hormigas como las avispas, en su estadio adulto, son carroñeros, por lo que pueden alimentarse del cadáver y/o de las especies necrófagas. Lo suelen hacer en cualquiera de las etapas de descomposición del cadáver, por lo que no son útiles para estimar el IPM pero sí para responder otros interrogantes como si hubo traslado o encierro del cuerpo (Amendt et al., 2011).

## *Ciclo de vida*

Las primeras especies en arribar a un cadáver son las moscas. Estas se caracterizan por ser insectos holometábolos, es decir, son organismos que en su fase larval o juvenil son totalmente diferentes de los adultos en aspecto y modo de vida (Yusseff y Sohath, 2006). La metamorfosis, de tipo completa, consta de cuatro estadios bien definidos (Figura 1). El primer estadio es el de huevo, seguido por un período larval -formado por tres estadios, larva I, II y III- de intensa actividad alimenticia, posteriormente se da lugar a un estadio de inmovilidad (pupa), período en el cual se desarrollan las características del adulto y, por último, sucede el cuarto estadio que, pasadas una o dos semanas, en condiciones ambientales óptimas, surge el adulto.

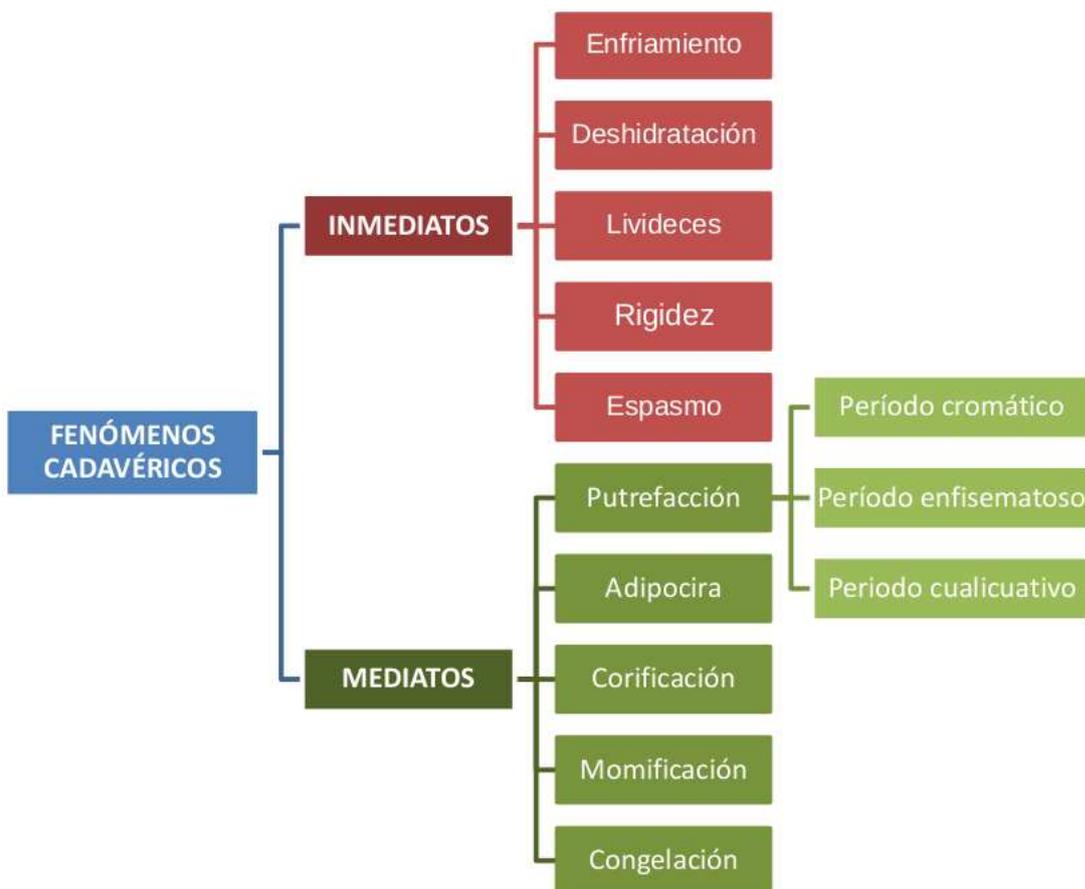
Las moscas presentan ciertos atributos que las vuelven útiles para las ciencias forenses. Presentan una gran capacidad para detectar el olor emanado por cadáveres, incluso a kilómetros de distancia. Su pequeño tamaño les facilita el acceso a cualquier lugar y, además, son capaces de volar largas distancias en poco tiempo. Generalmente, las moscas depositan sus huevos en orificios como la boca, nariz, orejas o heridas abiertas. Sus estadios larvales son carroñeros, por lo que, una vez que emerge la primera larva, éstas comienzan a alimentarse del cadáver (Yusseff y Sohath, 2006).



**Figura 1.** Ciclo de vida de dípteros. Imagen recuperada de: <https://static.plenummedia.com/40767/files/20140703115557-ciclo-desarrollo-de-la-mosca.pdf>

## *Fenómenos cadavéricos*

Una vez ocurrida la muerte, aparecen en el cadáver una serie de fenómenos, conocidos como cadavéricos, que conllevan en su instauración toda una serie de cambios tanto fisicoquímicos como biológicos, resultado del cese de las funciones vitales y la actividad celular (Patitó, 2000; Trezza, 2006). En este complejo proceso que es la muerte, la aparición de los fenómenos cadavéricos seguirá un orden cronológico de aparición, donde los procesos químicos y sus reacciones serán determinantes en la implantación y desarrollo de dichos fenómenos. Basado en esta cronología, dichos fenómenos se pueden clasificar en inmediatos y mediatos. Además, como consecuencia de diversos factores medioambientales, pueden darse fenómenos conservadores del cadáver, como la adipocira (o saponificación), corificación, momificación o congelamiento, que harán que los procesos de degradación se ralenticen o frenen, paralizando la putrefacción de la materia (Figura 2).

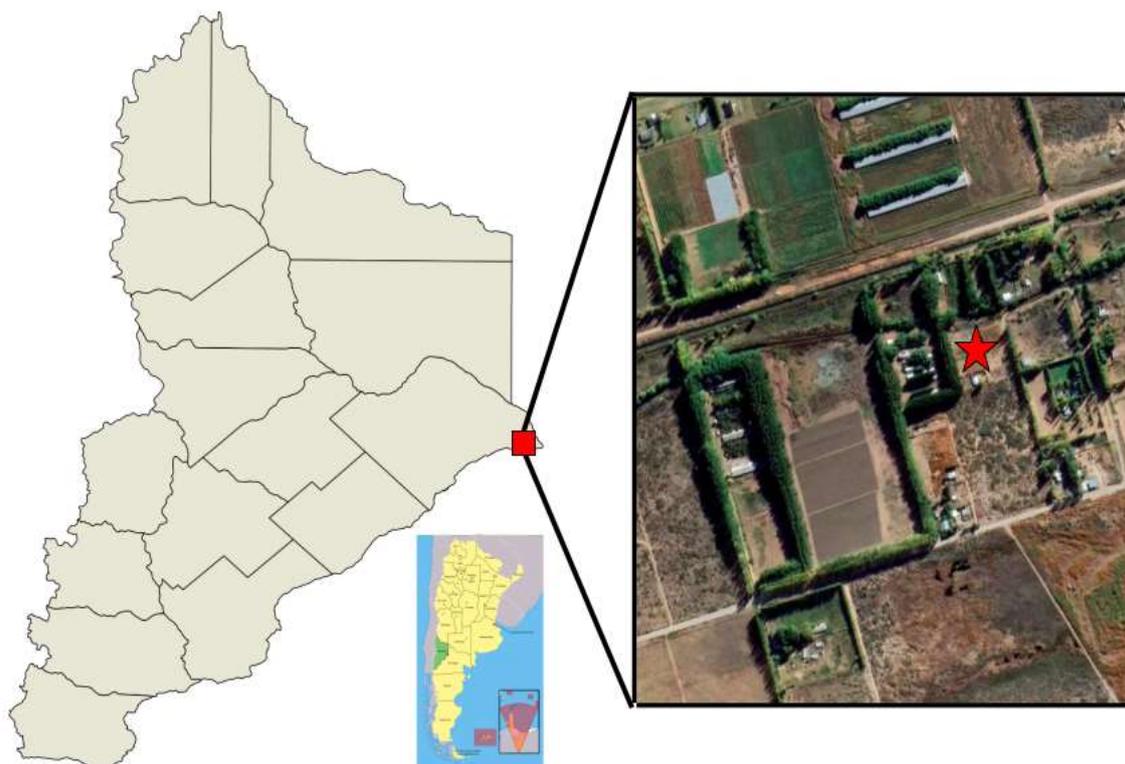


**Figura 2.** Esquema de clasificación de los procesos que se le suceden a un cuerpo luego de la muerte, denominados fenómenos cadavéricos. Adaptado de Patitó (2000).

A lo largo del proceso de descomposición cadavérica, se van formando diversos productos, cada vez más simples, entre los que se identifican: gases ( $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $HS_2$ ), ácidos (fórmico, acético, propiónico, butírico, valérico, palmítico, oleico, acrílico, crotónico, láctico, oxálico, succínico, leucínico), lactonas, sales de amonio, aminoácidos o cuerpos aromáticos sin nitrógeno como pueden ser el fenol, ortocresol, paracresol, ácido fenilacético, fenilpropiónico e hidroparacumárico (Gisbert, 2004). La liberación de estas sustancias atrae a los diferentes grupos de la denominada “escuadrillas de la muerte” (Megnin, 1984), permitiendo la colonización del cadáver. La degradación de los principios inmediatos y el desprendimiento de gases ( $NH_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $N_2$  y  $CO_2$ ) llamará la atención de los primeros insectos. Con la aparición del ácido butírico, debido a la fermentación de las grasas, aparecerán los primeros grupos de coleópteros derméstidos. Después de ésta, la fermentación caseica de los restos proteicos, atraerá la siguiente oleada de insectos, principalmente a la familia Piophilidae. El siguiente proceso en aparecer será la fermentación amoniacal. Tras todo este proceso, perdurarán los restos óseos debido a que los huesos del esqueleto resultante son muy resistentes a la degradación debido a su constitución. Están formados por  $H_2O$ , minerales, fosfatos, carbonato de calcio, metales acumulados a lo largo de la vida del individuo, colágeno, o minerales como la hidroxiapatita.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Plottier, provincia de Neuquén, en zona de chacras (38°57'6.75"S y 68°18'53.18"O), en el mes de agosto (Figura 3). Este lugar se distingue por presentar flora característica de la meseta como diversas especies de jarilla (*Larrea* sp.), varias gramíneas (*Deschampsia caespitosa*, *Bromus tectorum*, *Cortaderia ruidiuscula*, *Festuca argentina*, etc.) y largas cortinas forestales, compuestas principalmente por especies de álamos (*Populus* sp.). Dado que es una zona semiurbana, dentro de la fauna podemos encontrar animales domésticos como caballos (*Equus caballus*), perros (*Cannis familiaris*) y gatos (*Felis catus*); y animales silvestres como carachos (*Caracara plancus*), chimangos (*Milvago chimango*) y zorros (*Vulpes vulpes*), entre otras especies. Durante los meses que fue llevado a cabo el experimento, el clima se caracteriza por ser templado, con temperaturas medias que varían entre los 10°C y 13°C, llegando a temperaturas máximas de 27°C, con vientos de velocidad media de 11,5 km/h.



**Figura 3.** Ubicación geográfica del lugar de muestreo. El cuadrado rojo marca la zona de la ciudad de Plottier y la estrella roja indica el sitio específico.

Con el fin de conocer los efectos del fuego en cadáveres, teniendo en cuenta la sucesión de la fauna cadavérica y el proceso de descomposición, se realizó un trabajo experimental de campo, para el cual se utilizaron dos cabezas de cerdo (*Sus scrofa*), simulando ser cuerpos humanos. El cerdo doméstico resulta ser el modelo animal de descomposición más aproximado al del ser humano por la cantidad de pelos, dieta y fisiología. (Ayón, 2019). Ambas cabezas tenían un peso similar con el fin de evitar que la diferencia de tamaño altere los resultados (5645 y 5220 kg).

Con el objetivo de evaluar el efecto de la carbonización de un cuerpo sobre la colonización de la fauna cadavérica, las cabezas fueron colocadas dentro de jaulas especialmente diseñadas para este experimento. Dichas jaulas, de 60x50x50 cm, fueron realizadas con malla metálica romboidal y cubiertas, la mitad inferior, con tela voile para evitar que los insectos se escaparan. En la base de cada jaula se colocó una bandeja de madera con tierra para que las larvas III pudieran empupar. Además, sobre la mitad superior, se colocó acetato con vaselina. De esta forma, las larvas III que buscan empupar, se resbalan y no pueden escapar. En la parte superior se colocaron las “tapas” de las jaulas, sin protección alguna para que las moscas pudieran ingresar a depositar huevos (Figura 4). De esta forma, todos los huevos depositados pudieron completar su ciclo dentro de las jaulas. Por último, se colocó una estructura metálica de 100x100x100 cm por encima de cada una de las jaulas con el fin de resguardar las cabezas de carroñeros vertebrados como perros o aves (Figura 5).



**Figura 4.** Jaulas diseñadas para colocar las cabezas de los cerdos. **A)** Jaula metálica desde vista interior y **B)** Jaulas metálicas desde vista exterior.



**Figura 5.** Cabezas de cerdos colocadas en sus jaulas metálicas y la estructura metálica para protegerlas de animales vertebrados carroñeros. Es posible observar que ambas cabezas presentan similares condiciones de luz.

Una vez ubicadas las jaulas, a una distancia de 2 m entre sí, en sitios donde tuvieran similares condiciones de luz y sombra, se procedió a quemar una de las cabezas (la cabeza tratamiento). La otra cabeza se utilizó como control. La cabeza tratamiento se roció con 800 ml de alcohol etílico de uso doméstico (al 96%) y luego se prendió fuego con un encendedor (Figura 6). Se eligió este combustible con el fin de simular el que se utiliza con mayor frecuencia en este tipo de delitos. Una vez que las llamas se apagaron (sin intervenir, proceso que duró 8 minutos y 35 segundos), se colocaron ambas cabezas en cada una de sus respectivas jaulas (Figura 7). Inmediatamente, comenzó la observación y recolección de datos. El experimento comenzó el 19/08/2020 y se llevó a cabo durante treinta y un días, de los cuales veintisiete fueron de controles-observaciones diarias y, los restantes cuatro, fueron de recolección de insectos.



**Figura 6.** Cabeza de cerdo quemada.



**Figura 7.** Cabeza de control (izquierda) y quemada (derecha) en jaulas metálicas.

Los controles-observaciones se realizaron cada hora, por periodos de 10 minutos, los primeros tres días. Luego, fueron cada dos horas por el mismo periodo de tiempo en cada cabeza (Ver Anexo 1). La variable cuantitativa que se midió fue la cantidad de larvas y pupas en cada una de las jaulas una vez terminada la experimentación. Además, se registraron dos variables cualitativas: cambios físicos e intensidad de olores. A los veintiocho días de colocadas las cabezas (15/09/2020), se realizó la primera recolección de larvas y pupas. La segunda se llevó a cabo el 18/09/2020, la tercera el 24/09/2020 y la cuarta el 05/10/2020. Esta última indica la finalización del trabajo de campo.

La recolección consistió en tamizar la tierra que se encontraba en las bandejas de madera, dentro de las jaulas para, así, separar pupas, larvas y otros insectos de la tierra. Luego, la tierra tamizada se colocó nuevamente en las bandejas de madera (Figura 8). Los insectos presentes fueron separados, contabilizados y colocados -como lo indica el Programa Nacional de Criminalística, dependiente del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos (2017)- en alcohol etílico al 70% para su conservación (Figura 9) (Ver Anexo 2).



**Figura 8.** Tamización de la tierra de las bases para posteriormente separar, contabilizar y conservar los insectos.



**Figura 9.** Conservación de los insectos recolectados en alcohol etílico al 70%

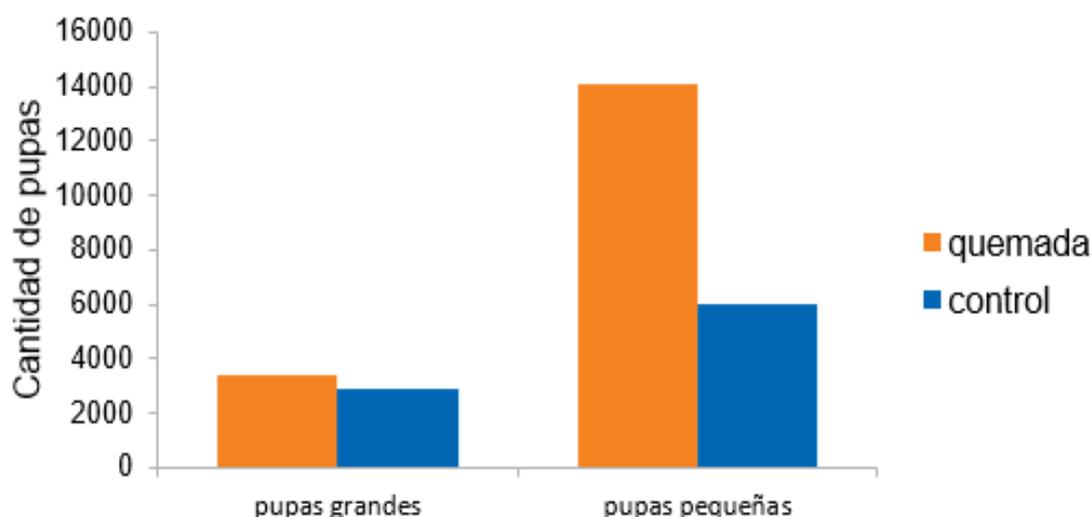
### ***Análisis estadístico***

Con el fin de conocer si existe diferencia en la cantidad de larvas y pupas entre la cabeza quemada y la de control, se realizó una prueba no paramétrica de Mann-Whitney con un nivel de significancia del 0,05. Este test se eligió debido a la naturaleza de los datos, los cuales no presentaron una distribución normal. Las muestras fueron identificadas con ayuda de una lupa digital modelo DC78 marca “New Vision” con aumentos entre 50x-600x y el uso de claves taxonómicas para dípteros.

## RESULTADOS

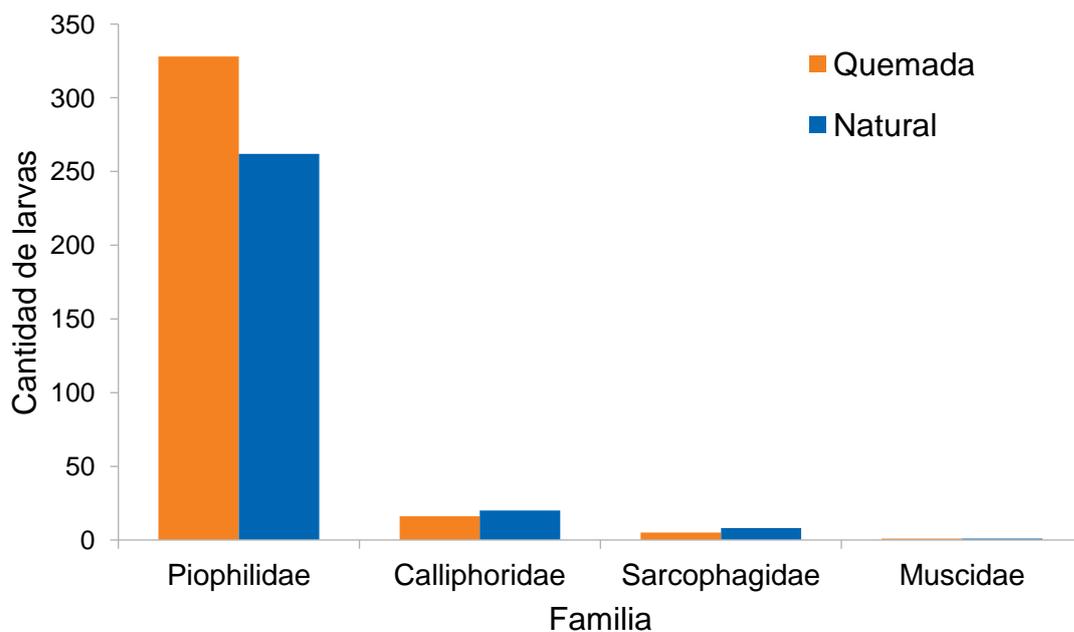
En relación al arribo de los insectos, no se encontraron diferencias, ya que en ambas cabezas se observaron moscas adultas el primer día. El segundo día, en ambas, se encontraron huevos depositados en orificios naturales (nariz y ojos) y las larvas se empezaron a observar el quinto día. En cuanto a la cantidad, en total, entre ambas cabezas, se recolectaron 26342 pupas. Debido a la gran cantidad de muestras, no se realizó la clasificación taxonómica de todas las pupas, sin embargo, fueron separadas en función al tamaño, ya que esto permite diferenciar a la familia Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae del resto, debido a su característico mayor tamaño. Por lo tanto, para una mejor interpretación de los resultados, las pupas fueron clasificadas en grandes y chicas, siendo 6257 las primeras y 20085 las segundas. Para confirmarlo, se tomaron, al azar, 100 pupas grandes y 100 chicas y se identificaron hasta familia, encontrando la composición esperada. De las 100 pupas grandes, 80 pertenecían a Calliphoridae, 15 a Sarcophagidae y 5 a Muscidae. De las 100 pupas chicas, todas correspondieron a Piophilidae. De esta forma, se supuso que todas las pupas chicas pertenecían a esta última familia.

Con respecto a las pupas grandes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad que presentaba la cabeza quemada y la cabeza control (Mann-Whitney,  $U=9$ ,  $p=0,53$ ; Figura 10). Sin embargo, en relación a las pupas chicas, sí se encontraron diferencias en el número entre la cabeza quemada y la de control (Mann-Whitney,  $U=2$ ,  $p=0,036$ ; Figura 10).



**Figura 10.** Cantidad de pupas (grandes y pequeñas) en la cabeza control y la quemada. \* = diferencias significativas.

En relación a las larvas, se lograron recolectar 641 ejemplares, de los cuales 36 muestras correspondieron a la familia Calliphoridae, 13 a Sarcophagidae, 2 a Muscidae y 590 a Piophilidae (Figura 11). La diferencia en la cantidad de larvas, teniendo en cuenta la familia, entre la cabeza quemada y la de control no fue estadísticamente significativa (Mann-Whitney,  $U=10$ ,  $p=0,62$ ; Figura 11). Sin embargo, estos datos no son representativos de la realidad, debido a la imposibilidad de atrapar la totalidad de las larvas de Piophilidae. Este tipo de larvas se denominan “saltarinas” por su particular característica de saltar para trasladarse, a diferencia de las otras larvas que se arrastran. De todas formas, dado que la técnica de recolección fue la misma en ambas cabezas, es posible inferir que el sesgo muestral es el mismo tanto en el tratamiento como en el control. De todas formas, es posible observar una tendencia que sugiere que la cabeza quemada presenta mayor cantidad de larvas saltarinas, siendo probable que, al adaptar el muestreo a este tipo de muestras, la diferencia se vuelva estadísticamente significativa.



**Figura 11.** Cantidad de larvas encontradas en la cabeza quemada y la de control, clasificadas según el tipo de familia de dípteros.

Con respecto a las variables cualitativas, fue posible detectar que se presentaron cambios físicos y diversos olores, los cuales pudimos relacionarlos con su estado de descomposición. Se hizo una valoración subjetiva de estos cambios.

Al finalizar la primera jornada de control, ambas cabezas comenzaron a presentar una coloración rojiza y manchas blancas alrededor de la boca siendo más notorias en la cabeza quemada. Además, las venas de las orejas se tornaron violetas, la piel oscureció y la nariz estaba hinchada y con puntos morados. Por otra parte, no se detectó olor propio del proceso de descomposición. En los siguientes días (2 y 3) estas coloraciones fueron más notables, principalmente en la cabeza quemada y, ambas cabezas, presentaron ampollas en nariz, orejas y en cercanía de los ojos y la lengua comenzó a tornarse morada. Al cuarto día comenzó a sentirse olor a putrefacción desde la cabeza control, mientras que en la quemada comenzó a percibirse al quinto día. En este último, también se observó que la nariz presentaba, en forma de puntos, sangre vieja y ampollas reventadas. Al séptimo día ambas cabezas comenzaron a tener labios y encías verdosas, sin embargo, eran más notables en la cabeza quemada. Ese mismo día, en la cabeza control, el olor a podrido se sentía un poco más, mientras que al octavo día la cabeza quemada experimentó un fuerte olor a podrido y diferente al de la cabeza de control, siendo este último no tan desagradable, a pesar de la diferencia de olor, en ambas cabezas se sentía a una distancia de 2 m aproximadamente. A partir del noveno día -y hasta finalizar el trabajo de campo- se pudo observar la tierra húmeda a consecuencia del líquido que salía por la herida de ambas cabezas (gancho de carnicería) y por el borde del cuero. Asimismo, desde el día 9 al 12, se observó que la cabeza control presentaba paladar negro, labios verdes, lengua negra y nariz morada mientras que la cabeza quemada presentó los labios negro-verduzco, lengua negra, nariz más morada y el paladar negro dos días después que la cabeza de control. A partir del día 13 se observó líquido negro en la boca y ojo derecho de la cabeza control mientras que en la cabeza quemada se observó en la boca. Además, se observó un “licuado” gris verdoso en boca de ambas cabezas, pero éste se observó primero en la cabeza quemada (día 14) y días después en la cabeza de control (día 16). El día 17 se sintió fuerte olor a putrefacción en la cabeza quemada, por su parte, en la cabeza control también se sintió, pero más “suave”. Este olor a podrido se intensificó en ambas cabezas el día 19 y 20 y se observó, a través de un desfondamiento, un “licuado” marrón en la cabeza quemada. Además, se observó -el día 21- en la boca de ambas cabezas un “licuado” marrón-dorado. El día 24, el olor de las cabezas comenzó a reducirse, el olor a podrido ya no era tan intenso en la cabeza quemada. Finalmente, el último día de recolección, la cabeza quemada no presentaba olor, pero la cabeza de control presentó leve olor.

Cabe aclarar que, si bien el olor a putrefacción comenzó a percibirse más tarde en la cabeza quemada que en la cabeza de control, éste desapareció antes y fue mucho más intenso y desagradable. Por su parte, en la cabeza control, el olor a putrefacción se manifestó antes y perduró por más tiempo, fue más suave, soportable y se percibía desde distancias muy cercanas a la jaula.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La entomofauna recolectada durante el experimento, tanto del tratamiento quemado como del control sin quemar, incluyó a las familias de dípteros típicas de las primeras oleadas de colonización (Megnin, 1984). Las familias de moscas que arriban primero (Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae) llegaron a las cabezas quemadas y no quemadas al mismo tiempo, mientras que la familia Piophilidae arribó antes a la cabeza quemada. Por lo tanto, la colonización de la cabeza quemada mostró un patrón clásico para los insectos de las primeras olas y la anticipación de olas posteriores. Probablemente, esto se deba al proceso de combustión, el cual provoca la transformación de varias moléculas dando como resultado un amplio espectro de olores (moléculas volátiles), sobre todo de las proteínas, atractivos para las especies de Piophilidae. De esta manera, el fuego adelanta fases de la descomposición que ocurrirían, en condiciones normales, luego de la etapa fresca y la etapa hinchada (Torrez et al., 2006), generando un mosaico con partes en diferentes fases de descomposición.

Una combustión tiene dos ingredientes básicos que reciben los nombres de combustible y comburente (Rios, 1984). En este caso, el combustible fue el alcohol y el comburente la cabeza de chanco, que simuló un cadáver humano. Podemos definir al fuego como un proceso de combustión caracterizado por una reacción química de óxido-reducción que alcanza gran velocidad, por lo que se desprende mucha energía, en forma de calor y luz. En la descomposición natural de los cadáveres, ocurren reiteradas reacciones físico-químicas que degradan los tejidos a moléculas y, por último, a átomos (Valenciano, 2018). Por lo tanto, cuando un cuerpo se prende fuego, éste genera cambios violentos que aceleran el natural proceso de descomposición y alteran el orden cronológico de los fenómenos cadavéricos. De esta forma, de manera indirecta, también se altera la sucesión de la fauna cadavérica, la cual, atraída por las moléculas producto de la combustión, arriban al cadáver de forma anticipada. Según Megnin (1984) y otros autores, las especies de la familia Piophilidae arriban al cadáver en la cuarta oleada, es decir, durante la fermentación caseica.

La fermentación caseica es aquella donde se descomponen las proteínas, es decir, se desnaturalizan y pierden su estructura principal. Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas de aminoácidos. La finalidad de la putrefacción es reducir las grandes moléculas del organismo en unidades más sencillas. Por lo tanto, las proteínas serán transformadas, primero, en aminoácidos y, luego, en compuestos nitrogenados de bajo peso molecular. La

degradación de los aminoácidos da lugar a compuestos caracterizados por su mal olor. Por ejemplo, en la degradación del triptófano se forma el indol, característico por su olor fecal. El indol, tras su metilación, se convierte en escatol (3-metilindol) también de olor fétido. Asimismo, el aminoácido alanina puede dar lugar en su escisión a ácido propiónico, etilamina o ácido acético, responsables del olor acre del cadáver, entre otros ejemplos. Por ende, el resultado final de la descomposición proteica va a ser su escisión en sus aminoácidos constituyentes y estos a su vez van a dar lugar a productos más sencillos entre los que se encontraran productos inorgánicos gaseosos como el ácido sulfhídrico, cuyo olor es característico de “huevos podridos”, mercaptano, también de olor desagradable, ácido carbónico, y amoniaco además de la liberación de  $H_2$  y  $N_2$ .

Durante nuestro trabajo se han experimentado diferentes olores. Si bien el olor a putrefacción comenzó a sentirse primeramente en la cabeza control, el olor de la cabeza quemada fue siempre más fuerte. Es decir, en la cabeza control los olores siempre fueron “suaves”. Por su parte, en la cabeza quemada los olores fueron distintos y más fuertes, el primer olor experimentado aquí fue el fuerte olor a pelo quemado, luego éste se tornó suave y tolerable, sin embargo, con el transcurso de los días comenzó a sentirse más olor y pasó a ser desagradable. Más tarde se manifestó el fuerte olor a podrido que perduró unos días y luego comenzó a perderse, mientras que en la cabeza control aún podía percibirse olor débil y tolerable. Esta percepción coincide con los resultados encontrados en relación a la cantidad de pupas. El olor más fuerte de la cabeza quemada podría ser el atrayente para las especies de Piophilidae, producto de la fermentación caseica.

Dado que el trabajo no se realizó sobre cuerpos completos, sino sobre cabezas, el proceso de descomposición pudo verse alterado. Sin embargo, esta leve diferencia que se observa entre ambas cabezas nos permite suponer que existen diferencias en el proceso de descomposición, sobre todo, relacionados con el momento de instauración de cada fase. Sería útil, a futuro, realizar experimentos que utilicen cuerpos de cerdos completos y evalúen el proceso de descomposición en cuerpos quemados.

Con respecto a las larvas, los resultados no fueron significativos debido a un problema de muestreo. La mayoría fueron larvas de la familia Piophilidae, ya que las pertenecientes a las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae habían completado, en su mayoría, las fases larvales y habían empupado. Específicamente, las larvas de Piophilidae, también llamadas

larvas saltarinas, miden entre 9 y 10 mm y presentan una inusual capacidad de impulsarse por el aire, utilizando los ganchos bucales. Pueden saltar entre 10 y 12 cm. De esta forma, se trasladan por el cuerpo buscando alimento. Es por esta razón, que, en relación a los resultados, al intentar capturarlas durante el muestreo, no se han podido atrapar todas las larvas. Sin embargo, es probable que, si aumentamos la cantidad de muestras en ambas cabezas, la diferencia pueda ser significativa. Se sugiere volver a muestrear teniendo en cuenta este tipo de larvas. Se debería diseñar una jaula y un tipo de trampa que permita muestrear también larvas de Piophilidae.

Se han realizado trabajos similares al nuestro, por ejemplo, en Perú, rociaron con 500 ml de petróleo diésel e incineraron un cerdo de 15 kg y encontraron que la colonización de insectos comenzó al tercer día (Briceño Vela, 2020). Esto difiere de nuestros resultados, sin embargo, este autor no comparó con un control, por lo que el atraso en el arribo podría deberse a otras variables como el lugar de muestreo, el cual era una habitación cerrada. Por otro lado, en Sudáfrica, Kolver (2009) comparó cadáveres de chanchos (*Sus scrofa*) quemados y no quemados y encontró que los cuerpos quemados solo alcanzaron la etapa de descomposición avanzada durante el mismo período de tiempo en que el control finalizó el proceso de descomposición. Este autor sugiere que la ralentización del proceso se debe a la poca presencia de larvas que contribuyen a la descomposición. Además, encontró diferencias en el tiempo de colonización, sugiriendo que las moscas arriban antes a los cuerpos quemados debido a que el fuego genera nuevos sitios de oviposición producto de la ruptura de la piel. La diferencia entre los resultados de Kolver y los nuestros podría deberse a que las cabezas, producto de la decapitación, presentan mayor cantidad de sitios de oviposición, en comparación con el cuerpo entero.

En conclusión, este es el primer trabajo de Argentina que propone estudiar la composición y la sucesión de la entomofauna cadavérica en cuerpos alterados por el fuego. Los hallazgos presentados en este trabajo proporcionan datos de referencia para el estudio de hechos que involucren indicios entomológicos en investigaciones criminales de restos quemados. Debido a que la sucesión se acelera en casos de cuerpos quemados, la estimación del IPM podría sobreestimarse si no se tiene en cuenta el impacto que el fuego genera sobre el arribo de los insectos. Esta información permitiría precisar las conclusiones periciales en casos de muertes violentas donde el cuerpo sea quemado y donde se recolecten indicios entomológicos.

Nuestros resultados mostraron que en restos quemados se puede utilizar el enfoque entomológico para la estimación del PMI mínimo en presencia de insectos pertenecientes a las primeras olas de colonización (principalmente Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae). Se necesitan más investigaciones para evaluar el efecto del fuego sobre la estimación del IPM utilizando indicios entomológicos.

## REFERENCIAS

- Aballay, F. H. (2014). La ciencia básica aplicada a la Entomología forense: estimación de intervalo post mortem en cadáver humano utilizando datos experimentales. *Boletín de la SEA N° 25(1)*, 5-7.
- Aballay, F. H., Murúa, A. F., Acosta, J. C., y Centeno, N. (2008). Primer registro de artropodofauna cadavérica en sustratos humanos y animales en San Juan, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, vol 67., 157-163.
- Aballay, F. H., Fernandez Campón, F., Mulieri, P. R., y Urquiza, S. V. (2011). Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en la puna de Catamarca, Argentina: la ovoviviparidad como ventaja en condiciones de extrema aridez. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 70 (3-4), 255-266.
- Aballay, F. H., Murua, A. F., Acosta, J. C., y Centeno, N. D. (2012). Succession of carrion fauna in the arid region of San Juan province, Argentina and its forensic relevance. *Neotropical Entomology*, 41(1), 27-31.
- Aballay, F. H., Jofré, F. N., y Centeno, N. D. (2017). Asociación y estratificación de la entomofauna cadavérica a diferentes profundidades en el suelo como indicadores complementarios en largos intervalos post mortem. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie* 19 (2), 225- 234.
- Amendt, J., Richards, C. S., Campobasso, C. P., Zehner, R., y Hall, M. J. (2011). Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science, Medicine, and Pathology. Volumen 7*, 379- 392.
- Armani, A. P., Centeno, N. D., y Dahinten, S. L. (2015). Primer estudio de artropodofauna cadavérica sobre modelos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 74 (3-4), 123-132.
- Ayón, M. R. (2019). *Biología Forense*. Tucuman, Argentina: Opera Lilloana 54.
- Benecke, M. (2001). A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*, 2-14.

- Briceño Vela, D. K. (2020). *Entomofauna cadavérica asociada a restos incinerados de Sus scrofa L., en Chuyugual, La Libertad 2019*. Trujillo, Perú.: Universidad Nacional de Trujillo.
- Byrd, J. H., y Castner, J. L. (2009). *Forensic Entomology. The utility of arthropods in legal investigations 2da ed.* CRC Press Taylor & Francis Group.
- Centeno, N., Maldonado, M., y Oliva, A. (2002). Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Science International*, 126(1), 63-70.
- Centeno, N. D., y Aballay, F. H. (2020). Entomología Forense. In L. E. Sergio Roig-Juñent, *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, volumen 4*. San Miguel de Tucumán: INSUE-UNT.
- Concha, M. (2001). La Entomología Forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. . *Sitio argentino de producción animal*, 49-57.
- García Rojo, A., Honorato, L., González, M., y Téllez, A. (2009). Determinación del intervalo postmortem mediante el estudio de la sucesión de insectos en dos cadáveres hallados en el interior de una finca rústica en Madrid. *Cuad Med Forense*, 137-145.
- Gennard, D. (2012). *Forensic Entomology- An introduction*. Wiley -Blackwell.
- Gisbert J.A, Villanueva E. Medicina Legal y Toxicología. Editorial Masson. Barcelona, 2004.
- Kolver, J.H. (2009). *Forensic Entomology: The influence of the burning of a body on insect succession and calculation of the postmortem interval* (Doctoral dissertation, University of the Free State).
- Leclerq, M. (1978). *Entomologie et médecine légale. Datation de la mort*. Paris: Masson.
- Lei G, Liu F, Liu P, Zhou Y, Jiao T y Dang YH (2019). A bibliometric analysis of forensic entomology trends and perspectives worldwide over the last two decades (1998–2017). *Forensic science international* 295: 72-82.
- López Martín, A. (2013). Entomología Forense: lo que los insectos tienen que contarnos. *Criminología y Justicia*.

- Manual de actuación en el lugar del hecho y-o escena del delito: incluye protocolo unificado de los Ministerios Públicos- 1a ed.* (2017). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones SAIJ.
- Mégnin, J. P. (1894). *Faune des cadavres: application de l'entomologie a la médecine légale*. Paris: Masson y Gauthier-Villars.
- Montiel Sosa, J. (2003). *Criminalística, tomo I*. México: Limusa S. A.
- Moretti, T. C., y Godoy, W. A. (2015). South America. En J. K. Tomberlin, & B. M. Eric, *Forensic Entomology. International dimensions and frontiers* (págs. 175- 186). CRC Press Taylor y Francis Group.
- Oliva, A. (s.f.). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Retrieved from Sitio Argentino de Producción Animal: [https://produccion-animal.com.ar/veterinaria\\_forense/34-entomologia\\_forense.pdf](https://produccion-animal.com.ar/veterinaria_forense/34-entomologia_forense.pdf)
- Oliva, A. (2002). Entomología Forense en la Argentina. En D. O. Salomón, *Publicaciones Monográficas 2. Serie Enfermedades Transmisibles* (págs. 39-44). Buenos Aires: Fundacion Mundo Sano.
- Oliva, A., y Penela, S. (2016). Guía. protocolo, formularios y cadena de custodia para la recolección, fijación y conservación de muestras entomológicas para análisis en una investigación forense. *Skopein: la justicia en manos de la ciencia*, 27-40.
- Peñaloza, O. A., y Oliva, A. (2013). Insectos asociados con la descomposición de osamentas de cerdo doméstico (*Sus scrofa* L.) en un ambiente árido de La Rioja- Argentina. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología*. Vol 4, 121-129.
- Pereira, A. J., Archuby, F. y Centeno N.D (2018). Distribución espacial y estacional de la taxocenosis de Calliphoridae (Insecta: Diptera) de la ciudad de Neuquén: implicancias para la investigación forense. *Congreso Nacional de Entomología*, Mendoza.
- Pomponio, S. (2017). Comportamiento de la fauna cadaverica en una muerte por intoxicacion con fosforo de aluminio. *Skopein- La justicia en manos de la ciencia*, 6-23.
- Raymonda, L. P. (2005). Entomología. *Universidad Nacional de Rosario*, 1 y 2.
- Rios Enrique Gutiérrez (1984) Química. Editorial Reverte. Barcelona.

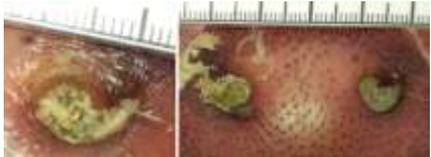
- Rivers, D. B., y Dahlem, G. A. (2014). *The Science of Forensic Entomology*. Willey Blackwell.
- Torrez, J., Zimman, S., Rinaldi, C., y Roberto, C. (2006). Entomología forense. *Revista del Hospital J. M. Ramos Mejía. Edición electrónica- Volumen XI N° 1*, 1-22.
- Trezza, F. C. (2006). *Data de la muerte: las transformaciones cadavéricas- 1a ed.* Ciudadela, Buenos Aires: Dosyuna Ediciones Argentinas.
- Valenciano, M. S. (2018). La química de los fenómenos cadavéricos. *Gaceta internacional deficiencias forenses*,(29), 57- 70.
- Yeates DK y Wiegmann BM. (2005). Phylogeny and evolution of Diptera: recent insights and new perspectives. *The evolutionary biology of flies* 3:14-44.
- Yusseff, V., y Sohath, Z. (2006). Entomología forense: los insectos en la escena del crimen. *Revista Luna Azul*, n° 23, 42-49.

## ANEXOS

### *Anexo 1: Planilla de control*

	CABEZA DE CONTROL	CABEZA QUEMADA
Peso	5220 kg	5645 kg
T. de fuego	-	08:35:74
Fecha y hora	19/08/2020. 10:30 hs.	19/08/2020. 10:30 hs
<b>1</b>	<p>En las primeras 3 hs no hubo moscas. Luego, de 14:30 a 17:30 hs, hubo 20 moscas aprox. En la última hora no se observaron. Eran moscas negras y 1 verde.</p> <p>Mancha rojiza (clara) entre los ojos y lado izquierdo de la cabeza. La papada con manchas blancas y pintando a morado. Nariz poco hinchada con puntos morados y manchas violetas en la cara, venas de oreja bien marcadas y cuero más oscuro.</p>	<p>En las primeras 3 hs hubo 2 moscas. De 14:30 a 17.30, hubo 25 moscas aprox. En la última hora, no se vio. Eran moscas negras y 1 azul.</p> <p>Todo el lado derecho de la cabeza rojizo, la oreja derecha bien roja y venas muy marcadas (violetas). La papada con manchas blancas bien marcadas y, tanto la boca como partes de la cara (cerca de los ojos), pintando a morado. Nariz hinchada y con puntos morados. Cuero más oscuro. Olor a pelo quemado.</p>
<b>Moscas en ambas cabezas.</b>		
<b>2</b>	<p>Huevos en orificio derecho de nariz (10:30 hs).</p> <p>Moscas: en boca, después en ojos (4).</p> <p>Los puntos morados de nariz más oscuros y también hay en orejas y ojos. Aparición de manchas blancas en diferentes lugares de cara y orejas y presencia de ampollas en oreja izquierda y ojo izquierdo. Nariz menos hinchada, trompa morada y lengua pintando a morada.</p>	<p>Huevos en orificio derecho de nariz (10:30 hs ).</p> <p>Moscas: en boca y en ojos (9).</p> <p>Puntos morados en nariz más notables. La trompa y diferentes lugares de la cara moradas. Ampollas en oreja y ojos. Nariz menos hinchada y lengua pintando a morada.</p>
<b>Huevos en ambas cabezas.</b>		

<p><b>3</b></p>	<p>Más huevos en orificio derecho; nuevos en orificio izquierdo y boca (lado izquierdo-arriba) (14:30hs); Mas huevo en orificio izquierdo (17:30hs) y nuevos en boca (derecha-abajo) (18:30hs)</p> <p>Moscas: 21 en boca durante la tarde; fueron azules, verdes y negras.</p> <p>Dos ampollas en la nariz, lengua morada al finalizar el día y encías blancas.</p>    	<p>Huevos en boca (derecha-abajo) y orificio izquierdo (17:30 hs).</p> <p>Moscas: 19 en boca y 1 en ojo durante el día; verdes y negras.</p> <p>Lado derecho más morado, lengua un poco más oscura y encías blancas.</p>    
<p><b>4</b></p>	<p>Nuevos huevos en orificio izquierdo, en boca derecho e izquierdo arriba (16:30 hs), al fondo (17:25hs) y ojo derecho (19:00 hs).</p> <p>Moscas: en boca y ojos (4).</p> <p>Ampollas reventadas. Un poco de olor, se siente muy de cerca.</p>    	<p>Nuevos huevos en orificio derecho (16:20 hs) y me parece que en boca lado derecho.</p> <p>Moscas: en boca, en ojos, caminando sobre cabeza (5).</p> <p>Lengua morada.</p>    
<p><b>5</b></p> <p><b>Larvas en ambas cabezas.</b></p>	<p>Más huevos en boca en lado izquierdo, en el derecho (entre dientes) y al fondo (12:20 – 17:00 hs)</p> <p>Larvas: ambos orificios llenos (18:10 hs) y luego a mitad (19:20 hs)</p> <p>Moscas: en hocico, en boca, ojos y oreja (1+6+8+5+5+9+ 8= 42).</p>	<p>Huevos en boca lado derecho arriba (entre dientes), al fondo y en orificio izquierdo.</p> <p>Larvas: orificio derecho hasta mitad (18:20 hs) y luego orificio derecho acuoso (19:00 hs).</p> <p>Moscas: boca, ojos (1+5+6+ 3+ 4+ 13= 32).</p> <p>Olor, se siente de cerca. Cabeza más morada, ampollas reventadas y en nariz se ven puntitos de sangre vieja.</p>

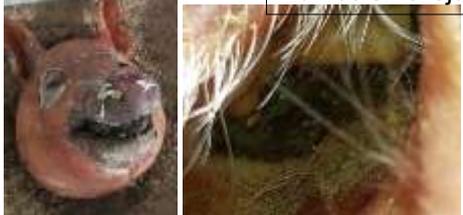
		
<p><b>6</b></p>	<p>Larvas en orificios hasta mitad (10 hs), luego larvas I y II en ambos orificios. Hay algunas larvas en tierra que caen de los orificios, pero no empupan, se secaron.</p> <p>En el último control, el orificio izquierdo rebalzó de larvas y el derecho queda al ras; hay más huevos en boca lado izquierdo</p> <p>Moscas: en boca, orificios y ojo derecho (86 aprox.); De color verde, azul, grises y chiquitas.</p> <p>Encías de abajo rosa claro y por partes blanca.</p> 	<p>Larvas en orificio derecho lleno (10 hs), luego bajó (12:40 hs).</p> <p>Larvas en ambos lados de la boca al fondo (encías). Orificios con larvas a la mitad (18:10 hs) y luego bajan (19 hs).</p> <p>Moscas: en boca, hocico (62 aprox); De color verde, azul, grises y chiquitas.</p> <p>La parte de abajo del cuero grasosa, húmeda y la tierra un poco (casi nada) húmeda.</p> 
<p><b>7</b></p>	<p>Larvas grandes en orificio derecho y chicas en izquierdo. Por la tarde, orificio izquierdo lleno y derecho a la mitad. A medida tarde ambos orificios están llenos.</p> <p>Moscas: en boca, nariz y ojos (22).</p> <p>Labios y encías verdosas.</p> <p>Olor un poco más fuerte, soportable.</p> 	<p>Larvas: orificio izquierdo lleno y orificio derecho pocas. Por la tarde, se ven algunas muy chiquitas fuera de orificio, luego hubo larvas “escondidas” en boca y nariz, es decir, no están muy a la vista.</p> <p>Moscas: en nariz, orejas, boca (12).</p> <p>Labios y encías pasaron de estar blancas a verdosas.</p> <p>El cuero sigue húmedo, grasoso, tierra seca.</p>

		
<p><b>8</b></p>	<p>Las larvas suben y bajan en ambos orificios.  Moscas: nariz, boca, ojo derecho (50 aprox).  Orificios comidos por fuera, boca pintando a verde.</p> 	<p>Las larvas suben y bajan en ambos orificios de diferentes estadios. (hay larvas como “clavadas” en el hocico). También, por debajo de la lengua en ambos lados.  Moscas: boca (23 aprox); Verdes y azules.  Olor más fuerte, desagradable.</p> 
<p><b>9</b></p>	<p>No se vieron larvas hasta 15hs. Luego, se vieron debajo de la lengua lado derecho, en ambos orificios, ambos lados de la boca al fondo.  Moscas: en boca y ojo (105 aprox); negras, verdes, grises, chiquitas.  Encías y labios más verdes (por partes). Paladar blanco.</p>  	<p>Huevos en el orificio derecho. Larvas en orificios bien abajo, luego en boca lado derecho al fondo y debajo de la lengua en ambos lados. Más tarde, larvas hasta la mitad en orificios.  Moscas: en boca, nariz (106 aprox); Azules (5), verde, negras, grises.  Hocico morado, orificios más anchos, lengua negra y en la encía izquierda hay una larva (clavada).</p>  
<p><b>10</b></p>	<p>Larvas en ambos orificios, en boca lado izquierdo y bajo lengua lado derecho. Por la tarde, orificio derecho lleno, en izquierdo a mitad; también hay en boca lado derecho, debajo de la lengua lado derecho y en ojo derecho (de adentro hacia afuera). Huevos</p>	<p>Por la mañana no hay larvas a la vista. Por la tarde, orificio derecho lleno, debajo de la lengua en ambos lados y en ambos lados de la boca.  Moscas: en nariz, orejas, boca, cabeza en general y dando vueltas alrededor de cabeza (57 aprox); Negras, chiquitas.</p>

	<p>nuevos en boca lado izquierdo arriba y ojo derecho.</p> <p>Moscas: en ojos, nariz, boca, dando vueltas alrededor de cabeza (53 aprox); Chiquitas, negras.</p> <p>Paladar negro. La lengua es como que está siendo cortada por las larvas, está corrida hacia adelante (muy poco). La tierra está húmeda por algo que cae (grasa, líquido) del cuero, no de la herida.</p>	<p>Mancha negra en el paladar. Líquido en herida y alrededor del cuero.</p>  
<p><b>11</b></p>	<p>Por la mañana se vio, huevos nuevos en boca lado izquierdo arriba y en ambos orificios. Por la tarde, larvas en lado derecho al fondo y luego en lado izquierdo, también debajo de lengua (lado derecho muy pocas porque aún está la encía) y arriba de lengua lado derecho. Más tarde en ojo derecho, en boca (mayor cantidad que en control anterior) y huevos en ambos orificios.</p> <p>Moscas: en boca, nariz, ojo derecho (43 aprox). Lengua negra, líquido negro en ojo derecho. (19:00 hs)</p>	<p>Larvas en ambos lados de la boca y debajo de la lengua de dos estadios (super chiquitas y grandes). Más tarde en orificio izquierdo larvas de dos estadios y el derecho acuoso. No se ven tantas larvas como en los otros controles (19:00hs).</p> <p>Moscas: en boca, nariz (51 aprox).</p> <p>Lengua del lado derecho despegándose y herida con líquido.</p>  
<p><b>12</b></p>	<p>Larvas en ambos lados de la boca, debajo de la lengua-adelante y en el orificio izquierdo.</p> <p>Huevos en el orificio derecho; más tarde larvas en éste, por lo tanto, los huevos fueron arrastrados. También larvas en el ojo derecho.</p> <p>Moscas: boca, nariz, ojo derecho (97 aprox); chiquitas, negras, grises, verdes.</p>	<p>Boca llena de larvas (ambos lados, arriba y debajo de lengua). Algo negro en orejas, parecen haber larvas. Larvas en orificio izquierdo lleno y derecho a la mitad.</p> <p>Moscas: oreja izquierda, boca, nariz (117 aprox); chiquitas, verdes, azules, negras, grises.</p> <p>Cabeza desfondada lado derecho, se ven larvas ahí y como grietas de gasa. Lengua comida,</p>

		<p>quedan los bordes ubicados por delante de los dientes. Paladar negro, labios negros-verduzco y la nariz morada.</p> 
<p><b>13</b></p>	<p>Larvas en toda la boca y orificios llenos.</p> <p>Por la tarde orificios con larvas hasta la mitad y en el ojo derecho.</p> <p>Moscas: en ojo derecho, boca (36 aprox), moscas negras, chiquitas.</p> <p>Encías negras, líquido negro en boca y ojo derecho. Lengua comida (solo queda como un borde), el cuero está hacia arriba y la tierra húmeda.</p> 	<p>Boca llena de larvas y orificios hasta mitad durante todo el día. En un momento se llenó el orificio izquierdo, pero luego bajó. También hay larvas en las orejas.</p> <p>Moscas: en ambas orejas, en boca, dando vueltas alrededor de cabeza (134 aprox), son chiquitas (mayoría) y negras.</p> <p>Líquido negro en boca, bordes de lengua negros y secos.</p> 
<p><b>14</b></p>	<p>Larvas en boca y ojo derecho. Por la mañana estuvieron escondidas o muy al fondo de la cabeza y por la tarde a la vista.</p> <p>Moscas: nariz, ojo derecho, boca (50 aprox); Negras, chiquitas.</p> <p>Tierra muy húmeda y cuero más arriba.</p>  	<p>Larvas en boca, pero abajo, comiendo la parte del fondo de la lengua. Por la mañana las larvas están escondidas, no están a la vista; por la tarde si se ven. Moscas: en boca, en oreja (58 aprox); Chiquitas, negras, verdes.</p> <p>Licuada gris verdoso en la boca, lengua hacia afuera y para lado derecho. Herida con líquido y tierra un poco húmeda.</p>  

<p><b>15</b></p>	<p>Larvas en boca durante la mañana y gran parte de la tarde. También en el ojo derecho.</p> <p>Huevos en el orificio izquierdo, pero fueron arrastrados por larvas (17:20) presentes en ambos orificios.</p> <p>Moscas: nariz, boca, ojo derecho, oreja (50 aprox). Chiquitas, negras.</p> <p>Herida con líquido. Cuero más arriba junto con carne, hay como grasa o algo similar y las larvas sacaron la muela (lado derecho).</p> 	<p>Larvas en boca, en ambos orificios (más cantidad en el derecho) y adelante en la parte de abajo (derecho) es como que se desfondó y allí hay larvas también.</p> <p>Moscas: boca, nariz (78 aprox). Chiquitas, negras, verdes.</p> <p>Herida con líquido. Tanto el lado izquierdo como el derecho están desfondados. El lado derecho es menor que el izquierdo. Se ven larvas en ambos lados.</p> 
<p><b>16</b></p> <p>Día lluvioso</p>	<p>Larvas en ojo derecho y en boca, muy pocas a la vista, en movimiento.</p> <p>Moscas: dando vueltas alrededor de la cabeza (8 negras).</p> <p>Licudo gris verdoso en la boca. Herida con líquido y la parte de abajo sigue grasosa.</p> 	<p>Larvas en boca, no se ven tantas a la orilla sino dentro de la boca y también a ambos lados donde la cabeza está desfondada.</p> <p>Moscas: en boca (4 negras)</p> <p>Las larvas sacaron la muela izquierda. Fuerte olor a podrido. Herida con líquido.</p> 
<p><b>17</b></p>	<p>Larvas en boca al fondo-abajo, no a la orilla, y ojo derecho. Más tarde larvas en orificio izquierdo hasta la mitad. Por fotos se ven larvas (acuoso) en la oreja derecha.</p> <p>Moscas: en boca, nariz y dando vueltas alrededor de cabeza (44 aprox).</p> <p>(en el transcurso de la tarde la mayoría de las moscas estuvo alrededor de cabeza, no las pude contar)</p> <p>Olor a podrido, no tan intenso como en quemada.</p>	<p>Larvas en boca, en oreja derecha y en la parte desfondada (ambos lados). Por foto, se ven larvas (acuoso) en la oreja izquierda.</p> <p>Huevos en orificio derecho</p> <p>Moscas: en boca (verdes), en nariz y en oreja derecha no pude contar (25 aprox).</p> <p>En comparación con la cabeza natural hay menos moscas dando vueltas sobre la cabeza, pero muchas posadas en la nariz.</p> <p>La parte inferior está más desarmada. Herida con líquido y más profunda.</p>

		
<p><b>18</b></p> <p><b>Empupe cabeza de control.</b></p>	<p>Larvas en boca lado izquierdo, en orificio izquierdo y ojo derecho. Más tarde ambos orificios llenos de larvas. Parece haber larvas en oreja izquierda.</p> <p>Larvas <b>EMPUPANDO</b>, caen y se entierran.</p> <p>Moscas: en cabeza en general, en ambas orejas, en boca y 20 aprox volando (78 aprox).</p> <p>Herida con líquido.</p> <p>Larvas en oreja izq.</p> 	<p>Larvas situadas en los mismos lugares de ayer. En boca están muy al fondo, no se ven en las fotos.</p> <p>Huevos en el orificio derecho.</p> <p>Moscas: moscas chiquitas en nariz, en boca, en orejas y muchas dando vueltas alrededor de cabeza, más que en cabeza natural (32 aprox).</p> <p>Licudo gris en la boca. Parte de abajo más desarmada y herida con líquido.</p> 
<p><b>19</b></p>	<p>Larvas en boca – al fondo- y ambos orificios llenos. En oreja derecha, por foto, se ven larvas. En el transcurso de la tarde las larvas se comieron o movieron la lengua hacia adentro, se encuentran(L) tanto en el paladar como en la papada. Larvas siguen empupando. (por ahora solo vi aquellas que caen de los orificios o boca).</p> <p>Moscas: en boca, ojo derecho, ambas orejas y nariz (111 aprox + moscas dando vueltas durante todo el día)</p> <p>Herida con líquido, olor fuerte y abajo como derretido.</p> 	<p>Larvas abajo lado izquierdo (desfondada), dentro de la boca en lo que es la papada y al fondo (no muy a la orilla), en ambas orejas (por fotos) y ambos orificios llenos. También se ven larvas entrando en la zona del paladar.</p> <p>Moscas: verdes en nariz, en boca, moscas grandes en orejas, gran cantidad de moscas chiquitas y grandes en boca, orejas, nariz y dando vueltas, no las pude contar.</p> <p>Olor mucho más fuerte. Los bordes de la lengua hacia adentro, herida con líquido y desfondamiento izquierdo con “licudo” marrón.</p> 

<p><b>20</b></p> <p><b>Empupe en cabeza quemada</b></p>	<p>Larvas en boca, en ambos orificios y en el ojo derecho. Media tarde se vio numerosa cantidad de larvas; las veo empupar.</p> <p>Moscas: muchas en la cabeza en general y volando; chiquitas en boca, nariz y ojo derecho; grandes y medianas en orejas.</p> <p>Terminaron de comer la lengua. Herida con líquido y la parte de abajo sigue como derretida/grasosa.</p> 	<p>Larvas en boca, en orificios y abajo (izq). Más tarde en lado derecho abajo, en ambas orejas y se comieron el pedazo de lengua que quedaba. Larvas que caen de nariz y <b>EMPUPAN</b>.</p> <p>Moscas: muchas chiquitas y medianas en boca, nariz y orejas, grandes en cabeza en general y volando (62+ aprox).</p> <p>Olor a podrido. Parte de abajo más desarmada, herida con líquido y tierra muy húmeda.</p> 
<p><b>21</b></p>	<p>No se ven larvas a simple vista, por fotos se ven en orejas.</p> <p>Moscas: 46 en total (1 verde, 20 aprox chiquitas, demás negras y grises) ubicadas en boca, ojo derecho, nariz y orejas.</p> <p>Se ve en la boca un licuado dorado de fuerte olor. Tanto la herida como la parte de abajo están secas, sin líquido.</p> 	<p>En la mayor parte del día no se vieron larvas, por foto se ven en orejas y en boca (muy pocas)</p> <p>Moscas: 25 moscas aprox en boca, oreja y nariz (8 moscas chiquitas, las restantes negras y grises).</p> <p>También se ve el licuado, el olor es más intenso que en la cabeza de control. Herida seca.</p> 
<p><b>22</b></p>	<p>Larvas en el fondo de boca (hacia orejas), en ambos orificios y en oreja derecha. En la parte de abajo hay larvas, dónde está “desfondado”. Huevos en el paladar.</p> <p>Moscas: 42 moscas en boca, nariz, orejas y cabeza en general (1 verde, 10 chiquitas, demás negras)</p> <p>El paladar está comido, y se ve el hueso de la mandíbula inferior. Herida con líquido.</p> 	<p>Larvas en el fondo de la boca y en las orejas.</p> <p>Moscas: 24 en boca, cabeza en general y en orejas; negras.</p> <p>La papada (interior) fue comida totalmente, por lo que se ven los huesos mandibulares. Ojo izquierdo quebrado. Tierra húmeda y herida con líquido.</p> 

<p><b>23 Viento fuerte.</b></p>	<p>Mucho viento. No se veían larvas ni moscas. No pude sacar fotos.</p>	<p>Mucho viento. No se veían larvas ni moscas. No pude sacar fotos.</p>
<p><b>24</b></p> <p><b>Pupa en cabeza quemada.</b></p>	<p>No se vieron larvas durante los controles, salvo en el de 18:30hs: larvas en nariz por dentro. Hay hormigas rojas. Huevos en paladar, papada y en ambos orificios de la nariz.</p> <p>Moscas: en boca, orejas, cabeza en general y volando sobre ella (37 aprox).</p> <p>Cabeza llena de tierra. Tierra húmeda alrededor de la cabeza y en oreja derecha. Olor suave (en comparación con la quemada).</p> 	<p>No se ven larvas, solo por foto en las orejas.</p> <p>Una pupa, la enterré.</p> <p>Moscas: en boca, orejas, cabeza en general y volando sobre ella (41 aprox). Negras y medianas.</p> <p>Cabeza con mucha tierra. La tierra está húmeda alrededor de la cabeza.</p> <p>Olor fuerte.</p> 
<p><b>25</b></p>	<p>Más huevos en orificio izquierdo y larvas (por foto) en oreja derecha. <u>Hormigas rojas</u>. Moscas: en boca, ojo derecho, volando sobre cabeza (28 aprox).</p> <p>Los orificios de la nariz parecen estar pelados, solo hueso. Mire con linterna dentro de la cabeza (por boca) y se ve como un licuado, bien al fondo de color gris, con olor a podrido.</p> 	<p>Huevos en boca lado izquierdo y en oreja derecha. Larvas (por foto) en oreja derecha.</p> <p>Moscas: en boca, orejas y en cabeza en general (24 aprox)</p> <p>Al igual que la cabeza natural, se puede ver como un licuado desde la boca y el olor es más fuerte que en la cabeza natural. Húmedo alrededor de la cabeza.</p> 
<p><b>26</b></p>	<p>Circulación prohibida totalmente.</p>	<p>Circulación prohibida totalmente.</p>
<p><b>27</b></p>	<p>Siguen los huevos en ambos orificios y las hormigas rojas alrededor de la cabeza. No se vieron larvas. Moscas: moscas volando 28 aprox. y 12 en boca, todas negras.</p> 	<p>No se ven larvas.</p> <p>Moscas: en boca 27 aprox y volando 10 aprox, todas negras. La herida tiene una perforación.</p> 

## ***Anexo 2: Recolección de insectos***

El proceso de recolección se basó en sacar la tierra de las bandejas por sectores y tamizarla con zaranda para facilitar la separación de larvas, pupas, puparios y otros y luego volver esa tierra tamizada a la bandeja.

En cuanto a lo recolectado, comencé contando las pupas en el lugar de campo, es decir, en la chacra, pero era muy denso y no avanzaba, entonces lo que quedaba en la zaranda (pupas puparios, escarabajos) lo guardaba en botellas cortadas y las larvas en frascos con tapas, las cuales eran las primeras en contar al llegar a casa y luego seguía por las pupas. Una vez contados, los coloqué en frascos de vidrio con alcohol al 70%. Este procedimiento fue igual en cabezas.

La **primera recolección** fue el día 15/09 comencé por cabeza quemada. Primero recolecté del lado izquierdo, luego del lado derecho; hallé pupas en casi todos los sectores, pero principalmente en las orillas de la bandeja de madera y centro de cabeza. En la de control, la mayoría de las pupas estaban ubicadas debajo de las orejas y en el centro de la cabeza, tanto del lado derecho como izquierdo; en ésta hallé principalmente cerca de la cabeza y no tanto hacia las orillas de la bandeja.

La **segunda recolección** fue el día 18/09 en la cual solo saqué pupas de debajo de ambas cabezas, ya que en la primera no recolecté de allí. Al dar vuelta las cabezas- colocándolas en decúbito lateral (de costado)- podía verse una “crema” plateada, muy olorosa. En la cabeza quemada aún había larvas (saltarinas y larvas III) y hormigas rojas.

La **tercera recolección** fue el 24/09 en ambas cabezas pueden verse pupas chicas sobre la tierra; en la quemada están del lado izquierdo y, también, se ven algunas larvas saltarinas. De esta cabeza saqué muchas pupas- grandes y chicas- casi no quedaron larvas. No saqué de debajo de la cabeza porque cuando la puse de costado, se hundió y cayó un pedazo, el cual estaba lleno de larvas saltarinas, así que la volví a la posición en la que fue colocada.

En la cabeza de control hay menos cantidad de pupas chicas sobre tierra. En ésta cabeza no había muchas pupas, pero sí gran cantidad de larvas III y saltarinas. No recolecté pupas de debajo de la cabeza.

La **última recolección** fue el 05/10 comencé por cabeza de control. Había muchas pupas chicas, las cuales se hallaban distribuidas por todos lados, con mayor concentración -de ambas pupas-

en la zona de las orejas y centro del lado derecho, además, recolecté varios puparios grandes de las orillas de la bandeja. Cuando la puse de costado se desprendió la tierra de la cabeza y se vio una “crema plateada-dorada”, percibí olor, pero no intenso.

En cabeza quemada las pupas chicas estaban a la vista en lado derecho, además hay moscas chiquitas en nariz. La tierra está húmeda (por lluvia), así que deje removiendo y volví al día siguiente (06/10). Del lado izquierdo hallé pupas chicas, pupas grandes y puparios; las primeras, distribuidas por todo el sector, pero con mayor concentración en cercanía a la cabeza y, los dos últimos, en las orillas de la bandeja. Había algunas larvas, en su mayoría saltarinas. Del lado derecho recolecté, en su mayoría, larvas saltarinas ubicadas al medio y debajo de la cabeza. No había muchas pupas.

La cabeza quemada parece verse más deforme y reducida en tamaño en comparación con la de control y, al igual que la de control, también se hallada la “crema plateada-dorada”, pero -por sectores- estaba seca, vacía.



- Recolección de cabeza de control:



- Recolección de cabeza quemada:



- Tabla de recolección:

	CABEZA DE CONTROL					CABEZA QUEMADA				
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
Pupas grandes	1776	491	332	302	2901	1490	637	874	355	3356
Pupas chicas	-	21	215	5759	5986	-	4 (3 medianas y 1 chiquita)	857	13238	14099
Puparios	3	2	2	256	263	-	1	36	131	168
Larvas grandes	5	-	-	22	27	5	-	2	17	24
Larvas saltarinas	-	-	5	257	262	-	3	5	320	328
Larvas secas	-	-	16	-	16	-	-	2	-	2
Otros insectos	-	3	3	17	23	-	1	5	12	18
					9478					17995