



Colonización de cuerpos semisumergidos por especies de dípteros de interés forense en el Alto Valle de Río Negro

Jennifer Nicole López

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

Directora: Dra. Ana Julia Pereira

Agosto 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Ana Julia Pereira, por su dedicación, acompañamiento y paciencia todos estos años. Sin ella no hubiera sido lo mismo. Es un honor para mí que haya aceptado ser mi directora de tesis.

A la catedra de Trabajo Final de Grado, quienes recibieron mi trabajo y con sus observaciones ayudaron a mejorar la versión final del mismo.

A la familia Sada de la Ciudad de Allen, quienes donaron el objeto de estudio y a la familia Diomedi, dueños de la chacra donde me permitieron realizar el experimento.

A mi pareja, familia y amigos por su apoyo incondicional.

Gracias UNRN por permitirme ser parte.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	9
HIPÓTESIS	9
MARCO TEORICO	10
Criminalística:.....	10
Entomología:.....	11
Entomología forense médico-legal:	11
Dispersión postalimentaria	13
Orden Díptera	13
Clasificaciones de los grupos de insectos	14
Intervalo post mortem (IPM):	16
Descomposición cadavérica.....	16
ANTECEDENTES	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Área de estudio	20
Diseño experimental	20
Análisis de los datos	26
RESULTADOS	26
CONCLUSION Y DISCUSIÓN	34
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37

RESUMEN

La entomología forense es la ciencia que estudia la fauna de insectos asociada con un cadáver, con el objetivo principal de estimar el intervalo post mortem, es decir, el tiempo desde la muerte hasta el hallazgo del cuerpo. Esta información es crucial para reconstruir hechos, determinar circunstancias de muerte, vincular o descartar sospechosos y reforzar testimonios de testigos. Además, los insectos pueden aportar datos sobre la época del año en que ocurrió el hecho y el posible traslado del cadáver, ya que la presencia y distribución de especies varía según la estación y el ambiente.

Los primeros insectos en ser atraídos por un cadáver son las moscas del orden Díptera. Las hembras depositan sus huevos en el cuerpo en descomposición y, dependiendo de las condiciones climáticas, las larvas emergen y consumen los tejidos del cadáver. Estas larvas mudan dos veces y, al final del estadio larval, buscan un lugar para pasar al estadio de pupa mediante un proceso llamado dispersión postalimentaria. Las pupas se entierran y permanecen inmóviles hasta completar la metamorfosis y emerger como adultos. La ubicación final de las pupas depende del lugar donde las larvas abandonaron el cadáver y del contexto en el que se encuentra el cuerpo

El desarrollo larval dependerá de las condiciones climáticas, la temperatura y la humedad en que se encuentra el cuerpo. En muchas ocasiones, los cadáveres son trasladados y abandonados en masas de agua para ocultarlos o eliminar evidencias. En la zona del Alto Valle de Río Negro, estamos rodeados de muchos cuerpos de agua y esta actividad puede ser habitual. El agua es una variable que puede alterar las condiciones de un cadáver y modificar el comportamiento de los insectos que se alojan y alimentan de él. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento de especies de dípteros de interés forense sobre cuerpos semisumergidos con el fin de precisar la búsqueda de muestras y mejorar el análisis pericial.

Para responder los objetivos, se utilizó un chanco, el cual se dividió en partes y pesos similares, y se realizaron pruebas comparativas entre ambas. Una se colocó en condición de semisumersión en un canal de 50 cm de profundidad y la otra, a modo de control, sobre tierra. Ambas mitades se observaron a intervalos de dos horas, interrumpiendo el proceso entre las 22 y las 8 horas, durante un periodo de 48 horas. Esta frecuencia de dos horas se mantuvo hasta el momento de la eclosión de los huevos

y la emergencia de las primeras larvas. Para cuantificar y comparar la cantidad de huevos, se utilizó el área de oviposición como variable respuesta.

En relación a los resultados, hubo diferencias significativas respecto al tiempo de colonización de las moscas, el área total de huevos y el desarrollo larval. Estos resultados generan conocimientos que podrían ser utilizados en investigaciones futuras donde se colecte fauna cadavérica de cuerpos semisumergidos. Este es el primer trabajo a nivel mundial que propone estudiar el efecto de la semisumersion de un cuerpo sobre la fauna entomológica. Los hallazgos presentados proporcionan datos pioneros y de referencia para el estudio de hechos que involucran indicios entomológicos en investigaciones criminales con cuerpos hallados en situaciones de semisumersion.

ABSTRACT

Forensic entomology is the science that studies the insect fauna associated with a corpse, with the primary objective of estimating the post-mortem interval, that is, the time from death to the discovery of the body. This information is crucial for reconstructing events, determining circumstances of death, linking or ruling out suspects, and reinforcing witness testimonies. Additionally, insects can provide data on the time of year the event occurred and the possible relocation of the body, as the presence and distribution of species vary according to the season and environment.

The first insects attracted to a corpse are flies of the order Diptera. Females lay their eggs on the decomposing body and, depending on climatic conditions, larvae emerge and consume the tissues of the corpse. These larvae molt twice and, at the end of the larval stage, seek a place to transition to the pupal stage through a process called post-feeding dispersal. The pupae bury themselves and remain immobile until they complete metamorphosis and emerge as adults. The final location of the pupae depends on where the larvae abandoned the corpse and the context in which the body is found.

Larval development will depend on the climatic conditions, temperature, and humidity of the environment where the body is located. In many cases, corpses are moved and abandoned in bodies of water to hide them or eliminate evidence. In the Alto Valle de Río Negro region, we are surrounded by many bodies of water, and this activity can be quite common. Water is a variable that can alter the conditions of a corpse and modify the behavior of the insects that settle on and feed on it. Therefore, the objective of this work was to understand the behaviour of forensically relevant dipteran species on semisubmerged bodies in order to refine sample collection and improve forensic analysis.

To meet the objectives, two halves of a pig were used as treatment and control, and comparative tests were performed. One part was placed in a semisubmersion condition in a canal 50 cm deep, and the other, as a control, on the ground. Both halves were observed at two-hour intervals, interrupting the process between 10 pm and 8 am, for a period of 48 hours. This two-hour frequency was maintained until the eggs hatched and the first larvae emerged. To quantify and compare the number of eggs, the oviposition area was used as the response variable.

Regarding the results, there were significant differences in the colonization time of the flies, the total egg area, and larval development. These results generate knowledge that could be used in future investigations where cadaveric fauna from semisubmerged bodies is collected. This is the first study worldwide to propose examining the effect of body semisubmersion on entomological fauna. The findings provide pioneering and reference data for the study of cases involving entomological evidence in criminal investigations with bodies found in semisubmersion situations.

INTRODUCCIÓN

Cuando un ser vivo muere, es decir, cuando se ausentan por completo los signos vitales, el cuerpo comienza a atravesar una serie de transformaciones físicas y químicas que lo convierten en un ecosistema abierto a la llegada de distintos organismos que se benefician de este proceso (Anderson 2000). Estos organismos se clasifican según el rol ecológico que cumplen dentro del nuevo recurso. Los necrófagos, son los que se alimentan del cadáver; los necrófilos, los que depredan a los necrófagos; los omnívoros, los que consumen tanto tejidos muertos como otros insectos; y los oportunistas que son aquellos que utilizan el cadáver como refugio (Catts y Goff 1992). Cada uno de estos grupos irá colonizando de acuerdo a las diferentes etapas de descomposición del cadáver (Anderson y VanLaerhoven 1996).

El estudio de la fauna de insectos asociada con un cadáver es objeto de estudio de la entomología forense. El principal objetivo de esta disciplina es estimar el intervalo postmortem, es decir, el periodo de tiempo transcurrido entre el momento del fallecimiento y el del hallazgo del cuerpo (Sharma et al. 2015). Conocer este tiempo ayuda a realizar una reconstrucción de los hechos, determinar circunstancias de muerte, vincular o descartar un sospechoso o reforzar el testimonio de testigos (Wells y Lamotte 2019). Los insectos, también pueden dar información acerca de la época del año en que ocurrió la muerte, ya que las especies varían de acuerdo a la estación y la temperatura ambiental (Aballay 2012).

Los primeros grupos de insectos en ser atraídos por un cadáver son los pertenecientes al orden de los dípteros, es decir, las moscas (Sharma et al. 2015). Las hembras depositan huevos sobre el cuerpo en descomposición y, al cabo de un tiempo, dependiendo de las especies y las condiciones climáticas, emergen las larvas, que consumen los tejidos del cadáver. Durante su desarrollo larval mudan dos veces y al final del estadio de larva III comienzan un proceso de abandono del sustrato, conocido como dispersión postalimentaria, en el cual buscan un sitio adecuado para pasar al siguiente estadio, el de pupa. Durante este último estadio, las pupas se entierran y se mantienen inmóviles hasta completar la metamorfosis y, finalmente, emerge el adulto. Por lo tanto, la disposición final de las pupas dependerá de la elección de las larvas cuando abandonan el cadáver y del contexto donde se ubica el cuerpo.

En ocasiones, los cadáveres son trasladados y abandonados en cuerpos de agua con la intención de ocultarlos. Dado que la zona del Alto Valle de Rio Negro presenta gran cantidad y variedad de masas de agua (ríos, lagos, lagunas, canales de riego, etcétera), es frecuente encontrar cadáveres en escenas secundarias de estas características. Sin embargo, el agua es una de las principales variables que pueden alterar las condiciones de un cadáver y modificar el comportamiento de los insectos que se alojan y alimentan de éste. Comprender la disposición de larvas posterior a la alimentación puede ser útil para estimar el IPM, particularmente porque este intervalo puede subestimarse si no se colectan los estadios más avanzados (Lavezzo et al. 2023).

La carrera de Criminología y Ciencias Forenses de la Universidad Nacional de Rio Negro, tiene como propósito preparar a los futuros profesionales para realizar investigaciones a fin de resolver hechos delictivos a través de diferentes métodos. Será tarea de la persona egresada la identificación de los elementos involucrados y la verificación de toda evidencia respetando los derechos y garantías individuales. Esto permite que puedan dirigir y participar en peritajes teniendo las herramientas necesarias tanto para trabajar en el lugar del hecho como para proceder al levantamiento de muestras. La forma y el lugar donde se levanten los indicios afectarán directamente sobre el proceso de análisis e interpretación de la evidencia por parte de los especialistas, en este caso, profesionales en entomología forense.

En este trabajo nos centraremos en esta disciplina, la entomología en relación a sus aplicaciones en las Ciencias Forenses, por lo que introduciremos los conceptos de criminalística, entomología, entomología forense y sus aportes en las Ciencias Forenses, intervalo post mortem y la descomposición cadavérica. Durante el desarrollo se realizará una investigación experimental con el fin de cumplir los objetivos descriptos a continuación. Esta investigación se llevará a cabo con la utilización de un cadáver de cerdo dividido en mitades iguales, una semisumergido en el agua y otra en tierra, ambas expuestas a las condiciones ambientales del verano, en el Alto Valle de Rio Negro, específicamente en la localidad de Contralmirante Guerrico.

OBJETIVOS

En este análisis experimental, se tendrá por objetivo general conocer el comportamiento de especies de dípteros de interés forense sobre cuerpos semisumergidos con el fin de precisar la búsqueda de muestras y mejorar el análisis pericial.

Objetivos específicos:

- Evaluar si la colonización y puesta de huevos de dípteros son alteradas en cuerpos semisumergidos
- Determinar si la presencia de agua circundante a un cadáver semisumergido afecta la supervivencia y la dispersión de las larvas postalimentarias

HIPÓTESIS

- Debido a que el agua circundante a un cuerpo semisumergido podría obstaculizar el desarrollo del ciclo de vida de las especies de Calliphoridae, la cantidad de ovipositoras disminuye en cuerpos semisumergidos.
- Dado que los dípteros presentan respiración traqueal y no sobreviven en medios acuáticos, las larvas postalimentarias no se dispersan y empupan sobre el cuerpo.

MARCO TEORICO

Para el análisis de esta investigación es necesario el aporte de los siguientes conceptos: criminalística, entomología, entomología forense, intervalo postmortem y descomposición cadavérica.

Criminalística:

El doctor en derecho Hanns Gross fue quien denominó a la Criminalística como tal, dada a conocer mediante su obra “Handbuch fur untersuchugsrichter als system der kriminalistik” (Gross 1908). Hanns Gross nació en Austria en 1847, fue juez de Instrucción en Stejermark y Profesor de Derecho Penal en la Universidad de Graz, y fue la primera persona en hacer referencia a los métodos de investigación criminal como Criminalística. La elaboración del *Manual del Juez* le tomo 20 años de experiencia y trabajo, en los cuales proporcionó orientaciones fundamentales para la instrucción de una investigación. Estas incluyen la aplicación de la técnica del interrogatorio, el levantamiento de planos y diagramas, la utilización de peritos, la interpretación de escrituras, y el reconocimiento de lesiones, entre otros aspectos. En general, el manual resultó ser una herramienta valiosa para los jueces en el esclarecimiento de casos penales. De ese mismo manual, se desprende que el doctor Hanns Gross constituyó en su época la Criminalística con materias como Antropometría, Argot Criminal, Contabilidad, Criptografía, Dibujo Forense, Documentoscopia, Explosivos, Fotografía, Grafología, Hechos de Tránsito Ferroviario, Hepatología, Incendios, Medicina Legal, Química Legal e Interrogatorio (Montiel Sosa 2003).

Según Montiel Sosa (2003), la Criminalística es una ciencia natural y penal que, mediante la aplicación de sus conocimientos, metodología y tecnología al estudio de las evidencias materiales asociativas, descubre y verifica de manera científica un hecho presuntamente delictuoso, así como a su o sus presuntos autores y cómplices. Además, aporta pruebas materiales y periciales a los organismos que procuran y administran justicia, a través de estudios identificativos y reconstructivos presentados en informes o dictámenes expositivos y demostrativos.

Con sus diversas ramas en el campo de los hechos, esta ciencia establece las normas adecuadas para proteger, observar y documentar el escenario del crimen. Asimismo, proporciona las técnicas necesarias para detectar, levantar, embalar, etiquetar y remitir

al laboratorio los indicios asociados al hecho. Posteriormente, con los conocimientos y experiencia del perito, se estudia e interpreta la ubicación y la morfología de los indicios in situ de un hecho determinado, asesorando técnicamente al Ministerio Público Fiscal y a la Policía Científica (Montiel Sosa, 2003).

Entomología:

La entomología es la ciencia que estudia todos los seres vivos pertenecientes a la clase Insecta, es decir, todos los insectos. En griego, *tomos* significa “parte cortada”, *entomon*: “un ser segmentado” y *en-tomo-logia*: “ciencia de los seres segmentados”. El nombre “*insecto*” resulta que su cuerpo está dividido en segmentos. Esta ciencia puede dividirse en dos grandes ramas: la entomología general, que comprende el estudio del insecto como un individuo, su fisiología, etiología y su relación con el ecosistema; y la entomología aplicada, que se dedica al estudio de los insectos de interés para el ser humano, ya sea, por los productos que proporcionan o por el impacto que ocasionan (Hogue y Hogue 1993). La entomología aplicada está conformada por:

- Entomología agrícola, la cual estudia el impacto de los insectos sobre los cultivos explotados por el ser humano, desarrollando métodos para la prevención y control de los mismos.
- Entomología médico-sanitaria, es el estudio de los insectos que atacan directa o indirectamente al ser humano o animales domésticos, a quienes transmite enfermedades o genera molestias y trastornos
- Entomología forense, la cual se encarga del estudio de los artrópodos hallados en casos judiciales. A su vez, dentro de esta disciplina, la entomología forense médico-legal tiene por objeto de estudio los insectos asociados a un cuerpo en descomposición.

Entomología forense médico-legal:

La entomología forense médico-legal estudia los insectos y otros artrópodos presentes en un cuerpo en descomposición al momento de su hallazgo, teniendo por finalidad principalmente la estimación de la data de muerte. Según Centeno y Zalazar (2014), más allá de sus aspectos como disciplina de investigación básica, posee una faceta aplicada muy concreta, que es la realización de la pericia entomológica.

Las primeras especies en colonizar un cuerpo en descomposición pertenecen al orden de los dípteros. Las moscas hembras adultas colonizan un cuerpo y oviponen sobre el mismo. Una vez que las larvas emergen del huevo, se alimentan activamente del cadáver. Durante su ciclo de vida sobre el cuerpo, realizan dos mudas, pasando por 3 estadios larvales (larva I, larva II y larva III). Por último, la larva III, luego de dispersarse del cuerpo, retiene la muda para formar un pupario, dentro del cual se desarrolla hasta adulto (Figura 1). Este estadio se denomina pupa y es el último antes de emerger como adultos (Yussef Vanegas 2006).

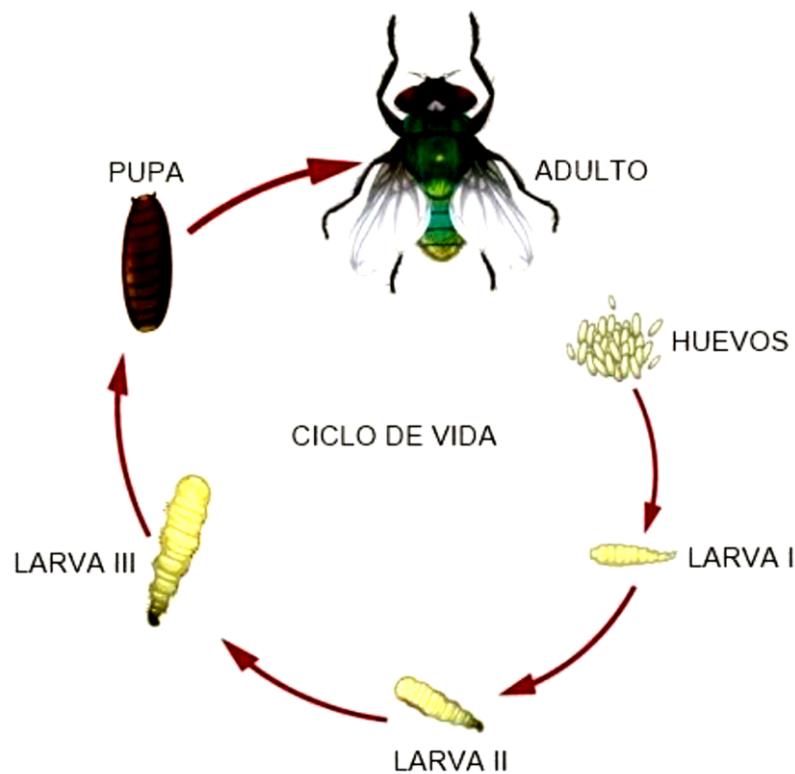


Figura 1. Ejemplo de ciclo de vida de especies de dípteros de interés forense. Imagen recuperada del Laboratorio de entomología forense UNAM.

Dentro de los dípteros, las principales familias son Calliphoridae y Sarcophagidae, cuyo estado larval es necrófago, es decir, que se alimentan de cadáveres. Las especies más frecuentes en Argentina (Mariluis y Mulieri 2003) y la zona de Neuquén y Río Negro (Pereira et al. 2018), son *Lucilia sericata*, también conocida como “mosca verde”, y *Calliphora vicina*, cuyo nombre vulgar es “mosca azul”.

Dispersión postalimentaria

Una vez que las larvas han completado su alimentación y comienzan a abandonar el sustrato en busca de un sitio adecuado para empupar, comienza la dispersión postalimentaria (DPA). Este proceso es clave en el ciclo de vida de los dípteros, ya que permite alejarse del cuerpo y evitar la exposición a depredadores o factores climáticos. Diversos factores pueden influenciar la DPA, tanto bióticos, como la fuente de alimento disponible, la competencia entre larvas por recursos y la presencia de parasitoides, así como por factores abióticos, entre los que destacan la temperatura ambiental, la humedad, entre otros. La DPA es crucial en la entomología forense, ya que su comprensión permite estimar con mayor precisión el intervalo post-mortem y otros aspectos relevantes en la investigación criminal (Lavezzo et al. 2023).

Orden Díptera

Los dípteros incluyen a las moscas y mosquitos. Se caracterizan por tener un único par de alas, a diferencia del resto de los insectos que presentan dos pares, de ahí el origen de su nombre (di= dos, ptera= alas). Este segundo par de alas, ha ido evolucionando a escala evolutiva y se han transformado en halterios o balancines, que se utilizan para mantener la estabilidad durante el vuelo (Carles et al. 2015).

Los dípteros son insectos holometábolos con metamorfosis completa que normalmente incluye cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. Básicamente, esto significa que la morfología y los hábitos alimenticios son muy diferentes entre el estadio adulto y los juveniles (Carles et al. 2015)

Otra característica de las moscas, relevante en el marco de la entomología forense, está relacionada con la gran capacidad olfativa. Estas especies pueden detectar el olor emanado por un cadáver desde el inicio de la muerte y a kilómetros de distancia. Además, el tamaño pequeño les facilita el acceso a gran cantidad y variedad de lugares. Por último, el vuelo con halterios y la habilidad para dispersarse grandes distancias, les permite colonizar un cuerpo en tiempos relativamente cortos.

Las moscas son los primeros animales que llegan a un cadáver. Dado que su ciclo de vida ocurre casi enteramente sobre el cuerpo, son indicios fundamentales para estimar el intervalo postmortem (IPM). Cuando un cuerpo es hallado, es posible conocer la edad de las especies de insectos y relacionar este tiempo con el IPM.

Clasificaciones de los grupos de insectos

A medida que avanza el proceso de descomposición de un cadáver, diferentes especies de insectos van colonizando de forma sucesiva y en base a las preferencias alimenticias de cada uno. Por lo tanto, la clasificación de los diferentes grupos de insectos presenta gran utilidad al momento de realizar una pericia entomológica. Se han propuesto clasificaciones relacionadas tanto con la sucesión de insectos como con las etapas de descomposición de los cuerpos.

El sistema de Megnin (1894) clasifica a los artrópodos en cuadrillas que interactúan con el cadáver en oleadas, las cuales tienen una relación directa con los distintos estados de descomposición. Como todo sustrato orgánico, un cadáver va cambiando a lo largo del tiempo, en parte por acción de los organismos que viven sobre él; así ofrece un medio favorable a distintos insectos en las diferentes etapas de la descomposición (Torrez et al. 2006). Esta autor consideró 8 cuadrillas:

- 1) Cadáver fresco.
- 2) Olor cadavérico.
- 3) Grasas rancias (fermentación butírica).
- 4) Proteínas en descomposición (fermentación caseica).
- 5) Fin de la anterior (fermentación amoniacal).
- 6) Desechación del cadáver por ácaros.
- 7) Cuerpo momificado.
- 8) Desaparición de los restos de oleadas anteriores.

Por otro lado, el sistema de Leclercq (1978), se basa en los gremios de insectos que se alimentan sucesivamente del cadáver o que habitan en este por determinados periodos de tiempo. En este sentido, si se considera al cadáver como un “nicho ecológico”, los insectos que se alimentan de él pueden ser clasificados en:

- a) Necrófagos: se alimentan del cadáver. Las especies dominantes pertenecen al orden Díptera (principalmente Calliphoridae y Sarcophagidae), seguido de especies del orden Coleóptera.
- b) Necrófilos: se alimentan de los necrófagos (predadores y parasitoides). Son la segunda categoría forense más importante e incluye esencialmente coleópteros (Staphylinidae y Silphidae), dípteros (Calliphoridae y Stratiomyidae), e himenópteros parasitoides de larvas y puparios de Díptera. Algunas larvas de

dípteros se convierten en depredadores en las últimas etapas de su desarrollo, por ejemplo, *Chrysomia* spp. (Calliphoridae).

- c) Omnívoros: comen tejidos muertos, insectos necrófagos o ambos. Especies de coleópteros, himenópteros y lepidópteros pueden alimentarse tanto de restos en descomposición como de artrópodos asociados. Las poblaciones grandes de estos insectos pueden retrasar la tasa de eliminación del cadáver por el agotamiento de poblaciones de especies necrófagas.
- d) Oportunistas: utilizan el cadáver como refugio, como una extensión de su hábitat y parte de su medio ambiente. Son, por ejemplo, los ácaros, arañas y lepidópteros. Estas especies pueden, ocasionalmente, convertirse en depredadores de especies necrófagas (Campobasso 2001).

El sistema más moderno es el propuesto por Anderson y VanLaerhoven (1996), quienes emplearon restos de *Sus scrofa* (cerdo domestico) como modelos experimentales. Estos autores pudieron observar cinco estados de descomposición:

- 1- Etapa fresca: hasta que se hincha el abdomen.
- 2- Etapa hinchada: hasta que se deshinchas por la ruptura de la piel (corresponde a la etapa enfisematosa en medicina).
- 3- Etapa de descomposición de la carne.
- 4- Etapa de descamación
- 5- Etapa esquelética.

En relación a la sucesión de cuerpos sumergidos, Merit y Wallace (2001) propusieron 6 etapas:

- 1- Etapa de cuerpo sumergido fresco (solo organismos acuáticos)
- 2- Etapa de flotación temprana (fauna usual en parte expuesta).
- 3- Etapa de descomposición flotante temprana (piel perforada por fauna).
- 4- Etapa hinchada deteriorada (grandes secciones de tejido perdidas).
- 5- Etapa de restos flotantes (desarticulación; domina fauna acuática).
- 6- Restos hundidos (olor cadavérico casi ausente).

Intervalo post mortem (IPM):

En cuanto a la data de muerte, específicamente el IPM, es el tiempo entre el momento en el que ocurre el deceso y el del hallazgo de los restos. Este es uno de los objetivos principales de la entomología forense.

Al momento de hallar un cuerpo, se debe observar las variables más importantes que pueden alterar el IPM como por ejemplo, el estado de descomposición, las condiciones y el lugar en las que se encontraba, las condiciones ambientales y la fauna presente en el mismo. Primero se inicia por los adultos, se continua por los estadios larvales y se finaliza por los pupales (Oliva 2004).

Descomposición cadavérica

Una vez que cesan total y permanentemente los signos vitales de un cuerpo, éste atraviesa por una serie de procesos y transformaciones denominados fenómenos cadavéricos, dando inicio a la descomposición cadavérica. Estos fenómenos se dividen en tempranos o tardíos (Luy y Ramírez 1997).

Fenómenos tempranos

Los fenómenos tempranos son aquellos que se presentan dentro de las 24 horas después de haberse producido la muerte. Se clasifican en:

- Rigidez cadavérica: es el endurecimiento de las fibras musculares. Aparece dentro de las 3-5 horas luego del deceso.
- Lividez cadavérica: son manchas cutáneas moradas que aparecen en las partes declives del cuerpo, causado por la sedimentación gravitacional de la sangre y la ausencia de coagulación. Ocurre dentro de las 12-15 horas después de la muerte.
- Enfriamiento cadavérico: Transcurrido aproximadamente las primeras 24 horas desde la muerte, la temperatura del cadáver se iguala a la del ambiente.
- Deshidratación cadavérica. Es la pérdida progresiva de agua del cadáver. El agua corporal del cuerpo se evapora de entre 10 a 15 gramo por cada kilogramo corporal al día.

Fenómenos tardíos

Los fenómenos tardíos se dividen en procesos destructores y procesos conservadores. Estos últimos surgen por una alteración ambiental o artificial permitiendo la conservación del cadáver. Dentro de los primeros se encuentra la putrefacción, proceso por el cual se da la descomposición de la materia orgánica por acción bacteriana. Diferenciándose dentro de este proceso las fases de descomposición:

- Fresca: producción de gases, hasta la hinchazón del abdomen.
- Hinchada: hinchazón hasta producirse la ruptura de la piel produciendo deshinchazón.
- Descomposición de la carne: los tejidos y órganos blandos se van desprendiendo como consecuencia de la actividad bacteriana.
- Descarnamiento: tejidos blandos prácticamente consumidos.
- Esquelética: solo quedan huesos y pelo.

Cuando un cuerpo se encuentra sumergido completamente en el agua este proceso se ve alterado por la presencia de organismos acuáticos en la etapa inicial. Luego la fauna usual se halla solo en la zona expuesta quedando el resto del cuerpo dominado por la fauna acuática. También, ocurre una descomposición flotante, un deterioro y pérdidas de los tejidos, una desarticulación de los restos que se hundirán tomando dominio hasta descomponer el cadáver por completo la fauna acuática del lugar.

ANTECEDENTES

El primer caso de entomología forense fue documentado por el abogado y especialista en homicidios Sung Tzu en el siglo XIII, en su libro titulado “The Washing Away of Wrong”. En este libro, se describe el caso de un apuñalamiento cerca de un campo de arroz. El día después del asesinato, este investigador de homicidios ordenó a todos los trabajadores que dejaran sus herramientas de trabajo en el suelo. Invisibles rastros de sangre atrajeron moscas hacia una sola hoz. Ante esta situación, el dueño de la misma confesó su crimen. Sin embargo, fue recién en el año 1855 que se realiza el primer informe sobre entomología forense, el cual incluía una estimación del IPM realizado por el médico francés Bergeret en el año 1855. El caso trataba de pupas de moscas y larvas de polilla (Benecke 2001). Posteriormente, otros investigadores como Brouardel y

Reinhard continuaron desarrollando la disciplina, observando la colonización de cadáveres por diversas especies de artrópodos (Brouardel 1879, Porta 1929).

A finales del siglo XIX, Pierre Megnin (1894) elaboró una teoría sobre las oleadas sucesivas de insectos en cadáveres, ampliando su investigación a ocho oleadas en cuerpos expuestos al aire libre y dos en cuerpos enterrados. Sus hallazgos y observaciones fueron fundamentales para la identificación taxonómica de insectos en la entomología forense. Otros informes relevantes del siglo XIX incluyen estudios de Hofmann y de los médicos alemanes Klingelhoffner y Maschka, quienes observaron los daños causados por cucarachas y hormigas en cadáveres, ampliando así el conocimiento sobre la interacción de los insectos con los restos humanos (Fraenkel 1933, Maschka 1881).

En el siglo XX, la entomología forense siguió avanzando con investigaciones experimentales, como las de Eduard Ritter Niezabitowski en Polonia (Niezabitowski 1902), quien demostró que los cadáveres humanos y animales comparten la misma fauna de insectos. Durante las décadas de 1920 y 1930, se publicaron estudios detallados sobre la ecología y anatomía de los insectos forenses. Investigadores como Merkel (1925) y Bianchini (1929) aportaron casos que mostraban cómo las circunstancias de la muerte influían en la sucesión de insectos, mientras que Holzer (1939) investigó el impacto de las moscas *Caddis* en cadáveres sumergidos.

En la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI, la entomología forense se desarrolló significativamente en Europa y América, con contribuciones clave de investigadores como Leclercq y Nuorteva (1967, 1974) en Europa, y Catts y Goff (1992) en Estados Unidos. La creación del Buró Americano de Entomólogos Forenses en 1995 y la publicación de importantes obras como "Forensic Entomology" de Byrd en 2001 impulsaron la disciplina. Actualmente, la entomología forense es una herramienta valiosa en investigaciones criminales a nivel mundial, utilizada en países como EE. UU., Rusia, Canadá, Francia, Japón, India y América del Sur.

En nuestro país, la entomología forense comenzó a desarrollarse hace poco más de dos décadas con el trabajo aportado por Oliva y otros autores en 1993 (Oliva et al. 1995). Esta alianza interdisciplinaria dio lugar al primer Laboratorio de Entomología Forense en el Museo Argentino de Ciencias Naturales en 1994. Estudios posteriores, como los

de Centeno y colaboradores (2002), investigaron los patrones de arribo de artrópodos en cadáveres de cerdos y posibles patrones de sucesión de insectos en distintas localizaciones del país.

Desde ese entonces, se han llevado a cabo estudios de sucesión de entomofauna cadavérica y el desarrollo de ciclos de vida de especies de interés forense en Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Salta y Neuquén (Centeno et al. 2002, Battán Horenstein et al. 2010, Aballay 2012, Pereira et al. 2022). Estos estudios han sido aplicados en sus respectivas localidades y se complementaron con la realización de pericias entomológicas en cada región en el marco de investigaciones forenses.

En la zona del alto valle de Río Negro, Lavezzo estudió en su tesis de grado la dispersión de larvas de especies de moscas de importancia forense bajo diferentes condiciones en la ciudad de Cipolletti (Lavezzo et al. 2023). También, Hidalgo en 2023, estudió la supervivencia de huevos de moscas que se encuentran en cuerpos sumergidos en la provincia de Río Negro. En América, pocos estudios han abordado la temática y, en Argentina, es el primer trabajo que propone conocer la influencia del agua sobre los huevos de Calliphoridae (Hidalgo 2023). Mediante el mismo, se demostró que el agua afecta la eclosión de los huevos, disminuyendo la supervivencia a mayores tiempos de sumersión. Los hallazgos presentados proporcionan datos pioneros y necesarios para el estudio de casos donde se colecten indicios entomológicos sobre cuerpos hallados en situaciones de sumersión o semisumersión.

Estos desarrollos han proporcionado valiosa información sobre la entomofauna forense en diversas regiones del país. No obstante, aún hay mucho por descubrir, especialmente debido a la variabilidad de los factores ambientales en Argentina. Los esfuerzos de diferentes equipos de investigación han comenzado a llenar estos vacíos, pero se requiere más investigación para comprender completamente las características de la fauna colonizadora de cadáveres en todos los ambientes del país. Este trabajo contribuye significativamente al conocimiento en una región con escasa información sobre la entomofauna asociada a cadáveres, utilizando modelos experimentales para mejorar la precisión en las interpretaciones forenses.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ensayo se llevó a cabo entre el 21 de enero y el 7 de febrero del año 2019 en el Alto Valle de Río Negro, particularmente en la localidad de Contralmirante Guerrico (Figura 2). Esta ciudad se caracteriza por presentar un clima semiárido con temperaturas medias de 23°C y una precipitación media anual de 227 mm durante la estación de verano. (Rodríguez y Muñoz 2022).

El clima de la región es árido y templado frío. Se trata del tipo climático denominado por Thornthwaite “clima árido mesotermal”. Las condiciones de aridez son suficientemente extremas como para determinar que la producción agrícola solo pueda intentarse con el auxilio del riego. La temperatura media anual es de 13,8 °C; la máxima media anual es de 30,8°C y la mínima media anual es de 0,3 °C. Las temperaturas absolutas son de 39,5 y -10,4 respectivamente. La precipitación media es de 197 mm/año y la evapotranspiración es de 791 mm (FAO 2014).

Según Rodríguez y Muñoz (2022), el Alto Valle de Río Negro se encuentra ubicado en la confluencia de los ríos Limay y Neuquén inferior y Negro superior. Su área geográfica está comprendida entre los 38°40' y 39°20' de latitud Sur y entre los 66°50' a 68°20' de longitud Oeste. Esta región se encuentra dentro del Departamento de General Roca. La distancia del Alto Valle a la Capital Federal es de 1200km, a la capital de la provincia (Ciudad de Viedma) es de 500km y al Puesto de San Antonio Este, por donde se exporta la mayoría de la fruta que se produce en la región, a 380km.

El sistema de riego del Alto Valle constituye una de las infraestructuras más importantes de la Provincia de Río Negro, pues permite el riego de 64552 hectáreas. El desarrollo de la agricultura bajo riego del Alto Valle ha dado lugar a un complejo urbano-rural que se extiende a lo largo de 120 km y en el que se asientan más de 300000 habitantes. La altitud de la región oscila entre 185 m.s.n.m en la parte Este de la misma y 270 m.s.n.m en la parte Oeste (FAO 2014)

Diseño experimental

El trabajo fue realizado con un chancho (*Sus scrofa*) como modelo experimental, que se obtuvo muerto tras una donación de una chacra vecina. Con el fin de realizar el

tratamiento y su control, este se dividió, mediante un corte sagital, en 2 partes con pesos y tamaños similares. De esta manera, se evitaron diferencias entre ambas partes en relación al alimento y recurso disponible para las moscas que las colonicen.

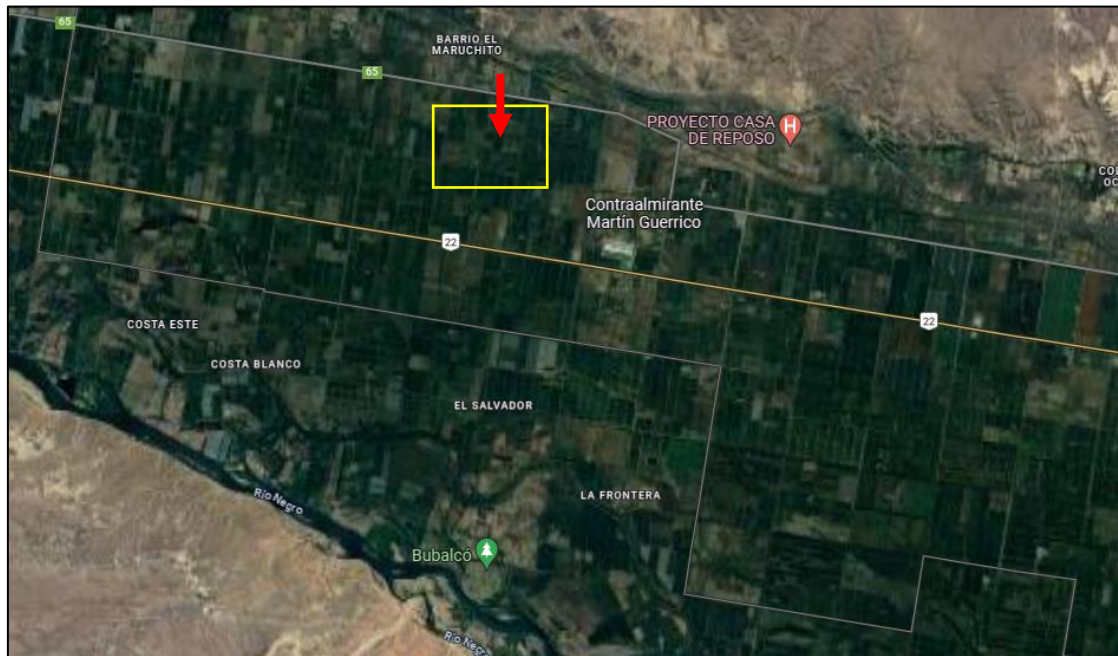


Figura 2. Imagen satelital de la localidad de Guerrero. Se observa dentro del cuadro amarillo el lugar donde se realizó el experimento. Imagen recuperada de Google Maps.

Con el fin de responder los objetivos específicos, se realizaron pruebas comparativas entre ambas partes, colocadas en diferentes lugares, una bajo condición de semisumersión en un canal de 50 cm de profundidad (Figura 3) y la otra, a modo de control, sobre tierra, en una zona con similares características de vegetación e iluminación (Figura 4). El control permitió comparar los resultados entre ambas partes e inferir si los cambios que presentó la parte semisumergida fueron consecuencia de la variable en estudio.

La mitad semisumergida fue colocada en un canal con corriente de agua continua, pero con flujo variable. Se utilizó un bins, contenedor plástico de 1,2 x 1,0 x 0,8 m³, como recipiente para colocar una de las mitades del cerdo. Entre el bins y la mitad de cerdo se ubicó una tela tipo voile, a modo de filtro, para retener las larvas y permitir que el agua fluyera (Figura 5). Dado que era necesario observar el desarrollo completo, desde huevo a pupa, ambas partes presentaban por debajo una estructura para recolectar individuos que pudieran caerse o dispersarse y, de esta manera, no perder muestras. Por último, el

bins se tapó con un alambre tejido para evitar que animales carroñeros vertebrados alteren el experimento (Figura 6).



Figura 3. Canal donde se realizó el tratamiento de semisumersión.



Figura 4. Sitio donde se realizó el control sobre tierra.



Figura 5. Fotografía del bins con tela ubicado en el canal donde se realizó el tratamiento de semisumersión



Figura 6. Fotografía tomada desde arriba donde se muestra la disposición final de la mitad del cerdo en el tratamiento de semisumersión. Se observa la tela tipo voile debajo y el alambre por encima.

Por otro lado, el ensayo control se ubicó sobre tierra, a una distancia de 50 m del tratamiento de sumersión. Éste contaba con un nylon sobre el suelo que evitaba el enterramiento de las larvas y, sobre el mismo, tierra para darles sustrato a las larvas para empupar (Figura 7). Luego, se colocó la mitad del cerdo y por encima un bins dado vuelta para proteger el ensayo de carroñeros vertebrados. Una vez colocadas ambas partes, se comenzó con el experimento, el cual consistía en la observación y cuantificación de huevos, larvas y pupas que presentaban el control y el tratamiento.



Figura 7. Fotografía del bins con el nylon ubicado sobre tierra, a 50 m del tratamiento de semisumersión

Primero, con el fin de *evaluar si la colonización y puesta de huevos de dípteros son alteradas en cuerpos semisumergidos*, se cuantificaron los huevos que ovipusieron las hembras en ambos ensayos. Para esto, las observaciones y la cuantificación de huevos se realizaron cada 2 horas (por el término de 48 horas), interrumpiendo el procedimiento durante las 22 y las 8 horas. Esta frecuencia de 2 horas se realizó hasta el momento de la eclosión de los huevos y la emergencia de las primeras larvas. Para cuantificar y comparar la cantidad de huevos, se utilizó el **área de oviposición** como variable respuesta. Cada vez que se realizaba una observación se colocaba una moneda de un peso como medida de referencia y se sacaba una foto (Figura 8). De esta forma, fue posible registrar la presencia de masas de huevos sin tener que recolectarlos, evitando

eliminar muestras para el resto del experimento. Luego, estas imágenes fueron procesadas con el software libre ImageJ (Schneider et al. 2012), el cual permite cuantificar el área en relación a la medida conocida.

Segundo, para *determinar si la presencia de agua circundante a un cadáver semisumergido afecta la supervivencia y la dispersión de las larvas postalimentarias*, una vez que las larvas comenzaron a empupar, se colectaron, por un lado, **las pupas que se encontraban sobre el chancho y, por otro lado, las que se encontraban en la estructura colocada debajo de éstos**. Esto se realizó tanto para el control como para el tratamiento. La recolección se hizo cada 24 horas utilizando una pinza entomológica. Cada día se juntaban las pupas en frascos y se contabilizaban. Luego, una mitad se fijó y guardó en alcohol al 70% y la otra se las mantuvo vivas, en frascos con tela voile, hasta la emergencia de los adultos. Esto se realizó porque con los adultos es más fácil realizar la identificación taxonómicamente de las especies. Así, se pudo hacer una comparación entre la cantidad de pupas sobre el cuerpo y las que se encontraban por fuera de éste. De esta manera, fue posible evaluar si las larvas empupan sin dispersarse, debido a la presencia de agua, o si la dispersión ocurre de todas formas, a pesar de caer inevitablemente al agua.

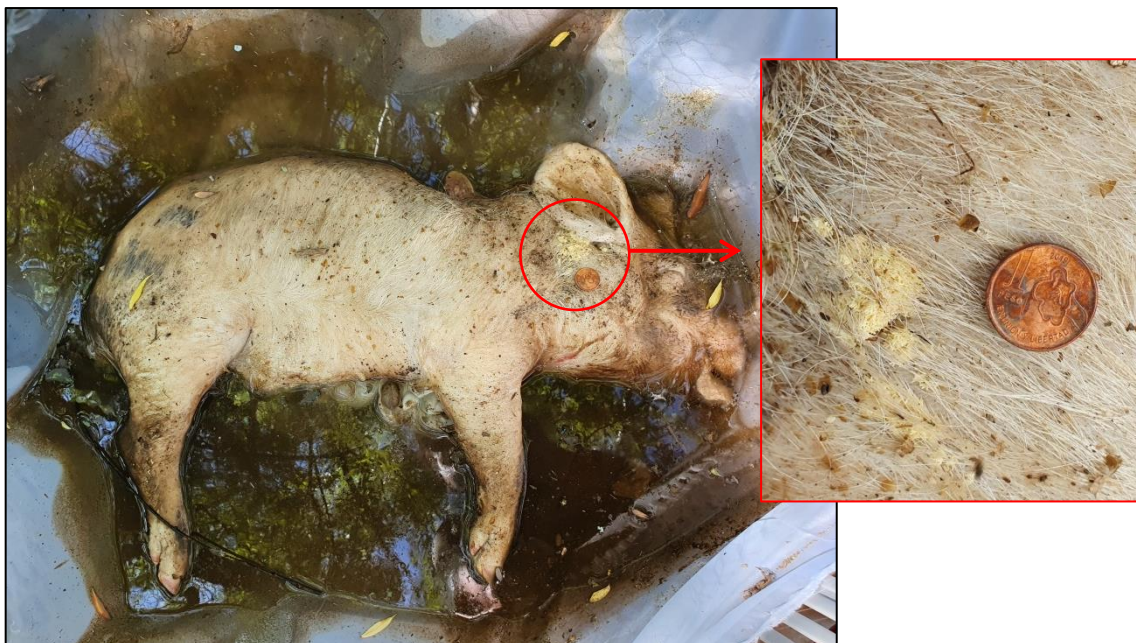


Figura 8. Fotografía del chancho semisumergido con una masa de huevos y la moneda que se utilizó para referenciar el tamaño del área de oviposición.

Análisis de los datos

Se realizó un test de Shapiro-Wilk para conocer si los datos se distribuían de forma normal. Las muestras no presentan la condición de normalidad ($W=0,80$, $p<0,05$), por lo tanto, las diferencias entre la **cantidad de huevos** que ovipusieron las hembras de Díptera y el **número de pupas**, en función del tratamiento y el control (tierra y semisumergido), se analizaron con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney de dos colas. Todas las pruebas se realizaron con la versión 3.2.4 del software libre R Core Team (2014).

RESULTADOS

El ensayo tuvo una duración total de 18 días. Con respecto al tiempo de colonización de las moscas, se observó que hubo diferencias entre el tratamiento y el control, ya que en el chanco sobre tierra fue 4 horas luego de haber colocado el cuerpo en el lugar (Tabla 1). Sin embargo, en el chanco semisumergido, el arribo de las moscas ocurrió 50 horas después de colocarlo en el canal. Sumado a esto, también se encontraron diferencias significativas entre el área total de huevos del chanco semisumergido y el control sobre tierra (Mann-Whitney, $p<0,05$; Tabla 1; Figura 9). Como se observa en la Tabla 1, se calculó el promedio del área acumulada por cada día y por ovipostura, encontrando que en el tratamiento semisumergido ambos datos duplican el valor del control sobre tierra.

Tabla 1: Diferencias de tiempo y área de oviposición y cantidad de pupas entre el tratamiento de semisumersión y el control.

	TIERRA	SEMISUMERGIDO
Inicio de oviposición	4 horas	50 horas
Total área de huevos acumulada	10733	21428
Promedio área acumulada total	$3,57 \pm 2,27$ (ds)*	$5,37 \pm 5,87$ (ds)*
Promedio área acumulada/ovipostura	$0,81 \pm 0,72$ (ds)*	$1,64 \pm 1,57$ (ds)*
Total pupas	9043	22

* media \pm desvío estándar

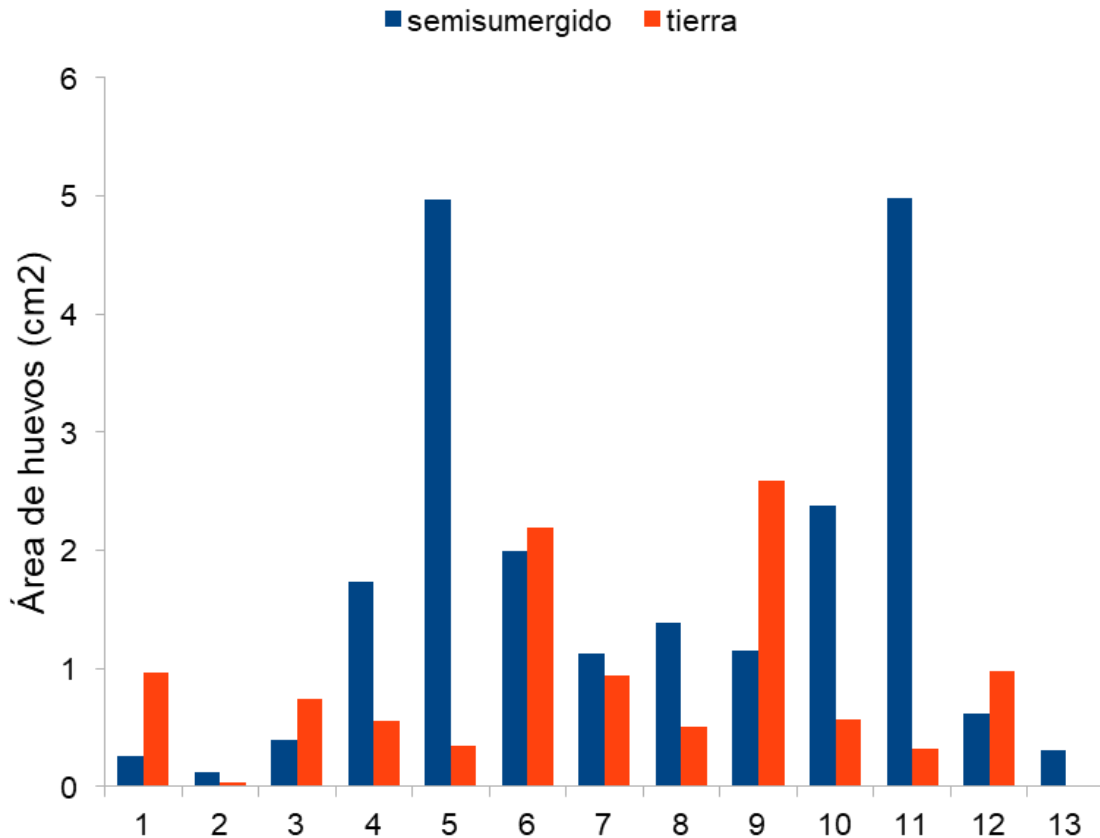


Figura 9. Cantidad de huevos sobre el cuerpo semisumergido (azul) y el cuerpo sobre tierra (naranja), considerando el área en cm². Los números del eje x corresponden a cada una de las observaciones (no días), hasta la eclosión de la larva I.

Debido a la presencia de agua y la consecuente reducción del espacio disponible para oviponer, en el chancho semisumergido se observaron oviposturas fuera del cuerpo, sobre la tela (Figura 10). Es probable que las larvas del primer estadio emerjan pero sin alimento no sobreviven. Esto no se observó en el control, donde todos los huevos fueron ovipuestos sobre el cadáver. Sin embargo, a pesar de la reducción del área para oviponer, se observó gran cantidad de larvas y la superposición de diferentes tamaños, lo que nos permite inferir que el agua no afectó el arribo de varias especies y en diferentes etapas del proceso de descomposición (Figura 11).

Respecto al desarrollo larval y su ubicación, en el chancho sobre tierra se distribuyeron por todo el cuerpo, incluyendo debajo de la piel (Figura 12). En el chancho semisumergido, las larvas se mantuvieron todas en un mismo lugar, principalmente en la zona del cuerpo con menor cantidad de agua (Figura 13). Estas últimas, al concentrarse en un solo lugar se encontraban expuestas a depredadores, observándose

así la presencia de pequeñas avispas parasitoides, las cuales fueron recolectadas y conservadas para su identificación taxonómica (Figura 14). Estas avispas oviponen dentro de las larvas de los dípteros con un ovipositor en forma de aguja y luego, cuando su cría nace, se alimenta de la larva hasta matarla.



Figura 10. Fotografía de huevos encontrados en la tela en el tratamiento con el chancho semisumergido.



Figura 11. Fotografía de larvas sobre el chancho semisumergido. Se observa gran cantidad de individuos con diversidad de tamaños.



Figura 12. Fotografía del chanco sobre tierra. Se observa la distribución de las larvas sobre y en lugares circundantes del cuerpo.



Figura 13. Fotografía del chanco semisumergido. Se observa concentración de larvas en zona elevada del cuerpo, lejos del agua.



Figura 14. Presencia de avispas parasitoides sobre el chanco del tratamiento de semisumersión.

En relación al segundo objetivo, para determinar si la presencia de agua circundante afecta la supervivencia y la dispersión de las larvas postalimentarias, se estudió la presencia y abundancia de pupas. En la mitad semisumergida, la aparición de pupas fue más tardía, con una cantidad menor que en la mitad sobre tierra, a pesar de haber presentado una mayor área de oviposición (Tabla 1, Figura 15). Esto se debe a la alta mortandad de larvas postalimentarias que se dispersaron y se ahogaron al abandonar el cuerpo (Figura 16). Por otro lado, en la mitad control se observó una gran cantidad de pupas (Figura 17 y 18), encontrando diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento y el control (Mann-Whitney, $p < 0,05$; Tabla 1). Una observación importante es que, en el control, las pupas se encontraron en los pliegues del nylon que se encontraba por debajo de la mitad del chanco y entre los orificios y aberturas del bin (Figura 17).



Figura 15. Cantidad de pupas recolectadas del cerdo semisumergido, en total 22



Figura 16. Fotografía del chanchito semisumergido a 10 días de iniciado el ensayo. Se observan larvas postalimentarias muertas en el agua.



Figura 17. Pupas encontradas y colectadas en la mitad del chancho en tierra.



Figura 18. Cantidad de pupas recolectadas del cerdo en tierra, en total 9043.

CONCLUSION Y DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento de especies de dípteros de interés forense sobre cuerpos semisumergidos. Nuestros resultados muestran que las hembras oviponen en cuerpos semisumergidos, aumentando el tamaño de la ovipostura debido a la menor cantidad de espacio disponible. Además, hemos observado que la dispersión de las larvas en fase postalimentaria no se ve afectada, lo que disminuye en gran medida la supervivencia del último estadio larval y, como consecuencia, la del estadio de pupa. Por lo tanto, se descartan las hipótesis originalmente planteadas.

El Alto Valle de Río Negro presenta grandes cuerpos de agua y con frecuencia se recuperan cadáveres de ríos, canales de riego o lagos de la zona (Breglia et al. 2023). Los resultados de este trabajo generan conocimiento que podría ser utilizado en investigaciones donde se colecte fauna cadavérica sobre cuerpos semisumergidos. A pesar de encontrarse en un entorno desfavorable para el desarrollo del ciclo de vida, las hembras depositan huevos sobre el área expuesta. Esto permite establecer que es posible utilizar evidencia entomológica en cuerpos que han permanecido semisumergidos desde el inicio de la descomposición o en aquellos cuerpos que, luego de la inmersión, flotan producto de la liberación de gases y presentan una parte expuesta a la colonización de insectos.

Cuando se hallan cuerpos semisumergidos, existen dos posibilidades, que haya permanecido desde el inicio en esa condición o que, a posteriori, producto de los gases, haya flotado. Según cada situación, los indicios entomológicos nos permiten estimar un intervalo postmortem más o menos cercano al momento de la muerte. Por lo tanto, deben realizarse los estudios pertinentes que puedan estimar el tiempo de inmersión y la causa de muerte. Luego, con la pericia entomológica, conocer la edad de los insectos y relacionar este tiempo con el momento de la colonización y oviposición de las hembras. El tiempo estimado con la fauna debería, según el caso, sumarse al tiempo de inmersión o estimar el IPM directamente en caso de cuerpos semisumergidos. En el primer caso, se calcula el intervalo post-emersión mínimo, el intervalo que permite estimar el tiempo mínimo que transcurrió desde que el cuerpo emergió del agua hasta su hallazgo (González Medina et al. 2011). De todas formas, en ambas situaciones, es posible utilizar los insectos como evidencia y obtener la estimación del periodo mínimo de colonización.

Con respecto a la distribución de huevos y larvas, se observó una diferencia significativa entre el cuerpo semisumergido y el control sobre tierra. En este último, las especies se distribuyeron por todo el cuerpo, mientras que en el cadáver semisumergido, los huevos y larvas se concentraron en áreas menos expuestas al agua, aumentando su vulnerabilidad a los depredadores. La presencia de avispas parasitoides en el cadáver semisumergido subraya la importancia de considerar los factores ecológicos y la fauna local en los estudios forenses. Estas avispas oviponen dentro de las larvas de los dípteros con un ovipositor en forma de aguja, y cuando su cría nace, se alimenta de la larva hasta matarla. Esto puede reducir significativamente la población de larvas y pupas en el cadáver, afectando la cantidad de evidencia entomológica disponible para el análisis forense (Wells y Lamotte 2019). Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas, sugiriendo que las condiciones acuáticas pueden retrasar la colonización y afectar la supervivencia y dispersión de las larvas, lo que podría llevar a subestimaciones del IPM si no se toman en cuenta estos factores.

Por otro lado, observamos que el chanco semisumergido presentar mayor área de ovipostura, no obstante, la cantidad de pupas es significativamente menor, lo que sugiere que las larvas postalimentarias se dispersan del cuerpo, a pesar de presentar condiciones poco favorables para su desarrollo. Las larvas se alejan del cuerpo, caen al agua y mueren al no poder respirar. De esta manera, se pierden indicios entomológicos que podrían ser de gran utilidad, sobre todo en casos donde el cuerpo presenta mayor grado de descomposición y los últimos estadios larvales o de pupa nos acercan más a la data de la muerte. En estos casos, debería tenerse en cuenta que la estimación del intervalo postmortem podría estar subestimada. Además, sería importante aumentar el esfuerzo de muestreo, con el fin de coleccionar pupas o larvas que podrían haber quedado en algún pliegue o vestimenta que el cadáver pudiera tener.

En relación al momento de la oviposición, los resultados indican que el tiempo de arribo de las moscas fue considerablemente mayor en el cadáver semisumergido, comenzando la colonización 50 horas después de la colocación del cuerpo en el canal, comparado con solo 4 horas en el cadáver sobre tierra. Esta diferencia temporal es crucial para las estimaciones del intervalo postmortem en escenarios forenses acuáticos. Si este fenómeno no es considerado al momento de realizar una pericia entomológica, el IPM podría estar subestimado, ya que el momento de la oviposición no se relaciona con el de la muerte. A futuro, deberían realizarse investigaciones que profundicen el análisis

sobre el retraso en la colonización en cuerpos semisumergidos con el fin de cuantificarlo y poder sumarlo al IPM mínimo que se estima con los indicios levantados en un ambiente acuático.

Por último, en este trabajo observamos que el promedio del área acumulada por ovipostura en condición de semisumersión es el doble que las observadas en el cuerpo en tierra. Esto podría deberse a que, al tener una menor área disponible para oviponer, la densidad de huevos aumenta. Sin embargo, las hembras podrían también no oviponer o hacerlo en menor cantidad. Muchos trabajos han sugerido que las hembras de muchas especies eligen los lugares de oviposición en relación al rendimiento de la progenie, es decir, que la preferencia de las hembras refleja el rendimiento de la descendencia (Gripenberg et al. 2010). En base a nuestros resultados, las hembras oviponen en un medio que no es óptimo para la supervivencia de las larvas, lo que genera, en términos biológicos y desde una perspectiva más ecológica, una consecuencia negativa sobre las poblaciones de Calliphoridae.

En conclusión, este trabajo aborda el estudio sobre el comportamiento de las hembras y las fases larvales de especies de interés forense en cuerpos semisumergidos en la zona del Alto Valle de Río Negro. Además. Se trata del primer trabajo a nivel mundial que propone estudiar el efecto de la semisumersión de un cuerpo sobre la fauna entomológica. Los hallazgos presentados proporcionan datos pioneros y de referencia para el estudio de hechos que involucren indicios entomológicos en investigaciones criminales con cuerpos hallados en situaciones de semisumersión. También, este estudio refuerza la necesidad de ajustar los protocolos forenses al contexto ambiental específico del cadáver. Los resultados obtenidos amplían el conocimiento teórico sobre la entomofauna cadavérica en ambientes acuáticos y tienen aplicaciones prácticas al momento de recolectar y analizar evidencia para una pericia entomológica

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aballay FH (2012) Tesis doctoral. Estudios estacionales en composición, colonización y asociación de a entomofauna cadavérica, en relación a los estadios de descomposición en zonas áridas de llanura y de altura. Doctorado de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Aballay FH, Jofré FN & Centeno ND (2017) Asociación y estratificación de la entomofauna cadavérica a diferentes profundidades en el suelo como indicadores complementarios en largos intervalos post mortem. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 19(2), 225-234.
- Anderson GS & VanLaerhoven SL (1996) Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science*, 41(4), 617-625.
- Anderson GS (2000) Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In Byrd JH & Tomberlin J (eds) *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*, 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 143-175.
- Battán Horenstein M, Linhares AX, Rosso B & García D (2010) Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. *Medical and veterinary entomology*, 24(1), 16-25
- Benecke M (2001) A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*, 120(1), 2-14.
- Bianchini G (1929) Contributo pratico e sperimentale allo studio della fauna cadaverica. *Atti Accad Fisiocrit Siena*, 4(serie 10), 97-106.
- Breglia GA, Uzal MH & Herbstein JA (2023) Data de inmersión en cuerpos recuperados del agua en el norte de la Patagonia Argentina. *Revista Española de Medicina Legal*, 49(1), 20-27.
- Brouardel P (1879) De la détermination de l'époque de la naissance et de la mort d'un nouveau-née, faite à l'aide de la présence des acares et des chenilles d'aglosses dans cadavre momifié. *Ann. Hyg. Pub. Med. Leg*, 2, 153-158.
- Byrd JH & Castner JL (2001) *Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. 2nd ed. CRC press; 47-48.
- Campobasso CP, Di Vella G & Introna F (2001) Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic science international*, 120(1), 18-27.
- Carles M, Arnaldos Sanabria MI, Begoña Gaminde I & García García MD (2014) Novedades faunísticas y entomosarcosaprófagas de la Región de Murcia, SE de

- España (Insecta: Diptera). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica, 108(1), 21-35.
- Catts EP & Goff ML (1992) Forensic entomology in criminal investigations. *Annu Rev Entomol* 37:253-272.
- Centeno N, Maldonado M & 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 ND & Zalazar L (2014) La utilización de un modelo experimental porcino en la investigación de un homicidio. *Boletín de la Sociedad Entomológica Argentina*.
- FAO 2014. Proyecto UTF 017. Estudio Del Potencial De Ampliación Del Riego En La Argentina, Documento de Síntesis sobre potencial de ampliación de áreas de riego existente y Anexos. Abril 2014.
- Fraenkel G (1933) Observations and experiments on the Blow-fly (*Calliphora erythrocephala*) during the first day after emergence, *Proc. Zool. Soc. (Lond.)* 103, 893–904.
- González Medina A, González Herrera L, Martínez Téllez I, Archilla Peña F, Hidalgo J de la Higuera, Jiménez Ríos G (2011) “Estimacion del intervalo post-emersion de un cadáver hallado en un embalse en Granada”.
- Gripenberg S, Mayhew PJ, Parnell M & Roslin T (2010) A meta-analysis of preference–performance relationships in phytophagous insects. *Ecology letters*, 13(3), 383-393.
- Gross H (1908) *Handbuch fur untersuchugsrichter als system der kriminalistik*. Universidad de Wisconsin – Madison, 544.
- Hidalgo Valdebenito JM (2023) Efecto de la sumersión en agua sobre la supervivencia de huevos de Calliphoridae (Insecta: Díptera) en la provincia de Río Negro (Doctoral dissertation).
- Hogue CL & Hogue J (1993) *Latin American insects and entomology*. University of California Press.
- Holzer FJ (1939) Zerstorung an wasserleichen durch larvaen des kocherfliege. *Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin*, 31, 223–228.
- Lavezzo JC, Pereira AJ & Béguelin M (2023) Dispersión espacial de larvas postalimentarias de moscas de importancia forense: implicaciones para la investigación médico-legal. *Revista Española de Medicina Legal*.

- Leclercq M (1978) Entomologie et médecine légale. Datation de la mort (No. 614.1 L459e). París, FR: Masson. 42.
- Leclercq M (1978) *Simulium venustum* Say (diptera: simuliidae), suceur de sang en Belgique. Bulletin et Annales de la Société Royale Belge d'Entomologie, 114.
- Luy QJA & Ramírez MG (1997) Cuerpo y mente ante la muerte violenta. En: El cuerpo humano y su tratamiento mortuario (Eds.) Malvido E., Gregory- Pereyra y Tiesler V. Instituto Nacional de Antropología e Historia/Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos.
- Mariluis JC & Mulieri PR (2003) La distribución de las Calliphoridae en la Argentina (Diptera). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 62(1-2), 85-97.
- Maschka (1881) Angeblicher Tod eines Kindes infolge von Verletzungen. Natürliche Todesart. Entstehung der Verletzung nach dem Tod durch Ameisenbisse (Alleged death of a child due to injuries. Natural cause of death. Injury patterns caused by ant bites), Vjschr. Ger. Med. N.F. 34, 193– 197.
- Mégnin P (1894) La faune des cadavres: Application de l'entomologie a la médecine légale (Vol. 101). Masson y Gauthier-Villars.
- Merkel H (1925) Die Bedeutung der Art der Tötung für die Leichenzerstörung durch Madenfrass. Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin, 5(1), 39-44.
- Montiel Sosa J (2003) Criminalística Tomo 1. Editorial Limusa. México.
- Niezabitowski E (1902) Experimentelle Beiträge zur Lehre von der Leichenfauna, Vjschr. Ger. Med. Oeffentl. Sanitätswesen BAND (1), 44–30.
- Nuorteva P, Isokoski M & Laiho K (1967) Studies on the possibilities of using blowflies (Diptera) as medicolegal indicators in Finland. I. Report of four indoor cases from the city of Helsinki. Suomen Hyonteistieteellinen Aikakauskirja, 33(4)
- Oliva A (2004) LA ENTOMOLOGIA FORENSE. Aplicación legal del estudio de los insectos y ácaros hallados sobre los cadáveres. Buenos Aires, Argentina.
- Oliva A, Ravioli J, Trezza F & Navarri C (1995) Entomología forense. Pren. méd. argent, 82, 229-234.
- Pereira AJ, Archuby FM & Centeno ND (2018) Distribución espacial y estacional de Calliphoridae (Diptera) en la ciudad de Neuquén. X Congreso Argentino de Entomología.
- Pereira AJ, Centeno ND & Nuñez-Vázquez C (2024) Effects of population variations and temperature on *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) development:

- implications for estimating the postmortem interval. *International Journal of Legal Medicine*, 138(1), 165-175.
- Porta CF (1929) Contributo allo studio dei fenomeni cadaverici. L'azione della microfauna cadaverica terrestre nella decomposizione de cadavere, *Arch. Antrop. Crim. Psichiatr. Med. Leg.* 39. 1–33.
- Rodriguez A & Muñoz A (2022) Variabilidad agroclimática en el Alto Valle de Rio Negro y Neuquen. Analisis de los últimos 50 años. INTA Ediciones.
- Schneider C, Rasband W & Eliceiri K (2012) NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods* 9:671-675.
- Sharma M & Singh D (2015) Historical approach of forensic entomology: a review. *Int J Adv Res Sci Eng Technol*, 9, 838-845.
- Torrez J, Zimman S, Rinaldi C & Cohen R (2006) Entomologia Forense. *Revista del Hospital J.M. Ramos Mejía. Ed. Electrónica – Volumen XI – N°1.*
- Wells JD & LaMotte LR (2019) Estimating the postmortem interval. In *Forensic entomology* (pp. 213-224). CRC press.
- Yusseff Vanegas SZ (2006) Entomología forense: los insectos en la escena del crimen. *Revista Luna Azul* (pp. 42-49).