



Capítulo 14



¿Quiénes son los primeros en detectar una inhumación clandestina?

Entomología forense: los insectos y su relación con las fosas clandestinas

Jessica B. López-Caro^{1*}, Lizbeth G. Romero-Aguilar ²,
José L. Navarrete-Heredia³ y María L. Baca Cruz²

Contribución arbitrada

Resumen

La entomología forense no es una disciplina reciente, sin embargo, en las últimas décadas se ha prestado más atención a la relevancia que los insectos y otros artrópodos pueden tener en casos legales de diferente índole: esto ha propiciado el desarrollo y avance de esta ciencia en varios países del mundo.

Este trabajo proporciona una síntesis del estado del arte de la entomología forense, destacando algunas de las contribuciones más importantes a nivel mundial.

Dados los altos índices de violencia que se han registrado en el estado de Jalisco en los últimos años, el número de fosas clandestinas localizadas ha ido en aumento y con ello, también ha crecido el interés —de los colectivos de búsqueda de personas— de interpretar cualquier indicio que pueda brindar datos valiosos.

Por ello, este capítulo presenta un primer acercamiento sobre la entomofauna de la entidad que, potencialmente, puede encontrarse en cadáveres o en restos en descomposición.

1 Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.*jberenice.lopez@academicos.udg.mx

2 Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.

3 Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.

Aunado, precisa información relevante susceptible de obtenerse en una investigación, gracias a su estudio e interpretación.

Palabras clave: artrópodos necrócolos, coleópteros, dípteros, entomofauna cadavérica.

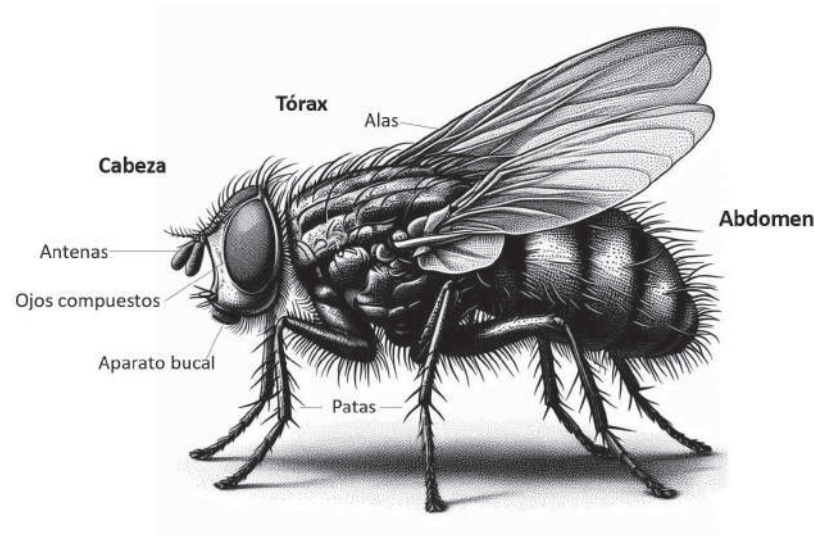
I. Introducción

La ciencia que se encarga del estudio de los insectos es la entomología; palabra grecolatina, del griego éntomon (insecto) y del latín logos (ciencia). El estudio de los insectos aborda desde su biología, sistemática, evolución, ecología, comportamiento, hasta otras áreas de estudio y aplicación de los diferentes grupos de la clase Insecta (Gullan y Cranston, 2014).

Los insectos (Insecta) son una clase de animales invertebrados del filo de los artrópodos, constituyen el grupo más diverso de todas las formas de vida en la Tierra. Actualmente, se conocen más de un millón de especies, no obstante, se estima que aún quedan varios miles por describir (Kremen, 1993; Zhang, 2011).

La morfología de los insectos es un tanto compleja, sin embargo, se puede distinguir de otros animales por su estructura corporal segmentada y su exoesqueleto de quitina. Su cuerpo está dividido en tres regiones principales: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza se encuentran órganos sensoriales como antenas y ojos compuestos, además del aparato bucal, que está adaptado a diversas funciones alimenticias. El tórax está especializado en la locomoción, ya que de éste surgen tres pares de patas articuladas y, en muchos casos, dos pares de alas. El abdomen contiene internamente los sistemas digestivo, excretor y reproductivo (Figura 1). Esta configuración morfológica permite a los insectos adaptarse a una amplia gama de entornos, lo que los convierte en uno de los grupos de animales más exitosos y diversos del planeta.

Figura 1. Morfología general de un insecto



Fuente: imagen generada en Microsoft (2024).

Estos pequeños animales, frecuentemente subestimados, desempeñan un papel crucial en los ecosistemas y en la vida cotidiana. Las relaciones entre los insectos y el ser humano pueden considerarse desde hace miles de años atrás. Con el tiempo, se pasó de la vida nómada a la sedentaria, favoreciendo e incrementando el tipo de interacciones entre los insectos, sus cultivos y sus animales domésticos. Así, esta relación benéfica-perjudicial de la interacción insecto-humano ha permitido promover el desarrollo de la entomología como ciencia (Navarrete-Heredia, 2014).

Las personas entomólogas⁴ buscan comprender y explicar la gran diversidad de especies de insectos y cómo estas interactúan con su entorno, incluyendo las plantas, otros animales y los ecosistemas en su conjunto. De acuerdo con Gullan y Cranston (2014) la entomología tiene campos de acción significativos:

4

Personas científicas que estudian a los insectos y otros artrópodos.

a) Entomología básica:

- Taxonomía y sistemática. Estos campos se enfocan en la clasificación y la relación evolutiva entre las diferentes especies de insectos. Los entomólogos trabajan para describir nuevas especies y entender su lugar en el árbol de la vida.
- Morfología y fisiología. Estudian la estructura y función de los insectos. Esto incluye el análisis de sus sistemas de órganos, como el sistema nervioso, digestivo, reproductivo y sensorial.
- Ecología y comportamiento. Exploran cómo los insectos interactúan con su entorno, incluyendo sus relaciones con otras especies, su rol en los ecosistemas y sus patrones de comportamiento.

b) Entomología aplicada:

- Entomología agrícola. Se centra en el impacto de los insectos en la agricultura, tanto plagas como polinizadores, y busca métodos para controlar las poblaciones de insectos de manera sostenible.
- Entomología médica y veterinaria. Investiga la relación entre los insectos y la salud humana y animal, incluyendo el estudio de insectos y otros artrópodos que transmiten enfermedades.
- Biodiversidad y conservación. Se ocupa de la protección de los insectos y sus hábitats, esencial para mantener la salud de los ecosistemas globales.
- Biología molecular y genética. Aplica técnicas modernas para entender la genética de los insectos, lo que puede llevar a avances en biotecnología y control de plagas.
- Entomología forense. Estudio de los insectos y otros artrópodos como pruebas científicas en aspectos legales, principalmente se centra en la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte, así como otras circunstancias de casos judiciales.

Así pues, la entomología es una ciencia con profundas implicaciones ambientales, económicas, de salud pública y legales que requiere una comprensión detallada y un enfoque multidisciplinario para abordar los desafíos que presenta nuestra coexistencia con estos organismos.

Particularmente, la entomología forense ha ganado reconocimiento más allá de su círculo académico inicial, evolucionando de una rama de estudio de nicho a una de interés general. Este notable cambio se atribuye en gran parte a la influencia de series televisivas que resaltan la importancia de los insectos en la investigación forense.

Estos organismos, aunque diminutos, juegan un papel fundamental al proporcionar información clave que puede ser determinante en la resolución de casos judiciales, particularmente en aquellos que involucran delitos. Así, la entomología forense se revela como una ciencia esencial para el esclarecimiento de varias circunstancias en el ámbito legal, ofreciendo pistas que, sin la debida experticia, podrían permanecer ocultas. Pero, ¿cómo se define esta disciplina y cuál es su contribución específica al sistema de justicia?

La entomología forense es una rama de la biología y de las ciencias forenses que se dedica al estudio de los insectos y otros artrópodos en un contexto legal. Esta disciplina combina conocimientos biológicos con aspectos jurídicos y es esencial en la resolución de casos legales.

Las personas expertas en entomología forense colaboran con profesionales de diversas áreas, como la medicina, la genética, la química, la antropología, entre otras, para aportar evidencia crucial en investigaciones. Aunque el uso de artrópodos en la medicina legal se remonta al siglo XIX, su reconocimiento como herramienta estándar en la práctica forense se ha fortalecido en las últimas décadas.

En México, la especialidad ha experimentado un crecimiento significativo y se está estableciendo como un componente vital en el ámbito de la justicia. Recientemente, a raíz de la organización de personas activistas en los colectivos de búsqueda de personas desaparecidas, se ha puesto de manifiesto la presencia de insectos habitando al interior o cerca de las fosas localizadas, lo cual ha generado algunas preguntas: ¿cuál es el significado que tienen estos organismos en el lugar de intervención?, ¿pueden aportar información relevante?, ¿cómo interpretarla?, entre otros cuestionamientos.

Con la finalidad de impulsar los esfuerzos colaborativos con las diferentes instancias interesadas en el tema, se espera que este trabajo sirva como un instrumento que facilite el entendimiento y la interpretación de la fauna de insectos y otros artrópodos que, potencialmente, se encuentran asociada a fosas y, que con ello, se brinde una capacitación general e integral para quienes forman parte de los colectivos de búsqueda de personas



desaparecidas, además de promover el crecimiento de esta ciencia con colaboración entre especialistas de los sectores académicos, de procuración de justicia, así como de iniciativa ciudadana.

II. Antecedentes

El origen histórico de la entomología forense se remonta al siglo XIII. Fue en China donde se documentó, por primera vez, la relevancia del uso de los insectos como testigos para resolver un caso de homicidio en el año 1235 (Sung, 1981).

Esta investigación estuvo a cargo del comisario Sung Tz'u (Song Ci), quien publicó el libro titulado "The Washing Away of Wrongs", en el que describió su participación en la resolución del caso de un hombre degollado cerca de un arrozal. El día después del asesinato, el investigador pidió a todos los trabajadores que colocaran sus instrumentos de trabajo en el suelo. Al cabo de un corto tiempo, un conjunto de moscas se posó sobre una sola hoz, ya que trazas invisibles de sangre las atrajeron. Con esto, Sung Tz'u dedujo que el dueño de la herramienta fue quien cometió tal crimen, finalmente lo confrontó y el culpable confesó su acto (Sung, 1981).

La obra de Sung Tz'u y la aplicación de conocimientos entomológicos para resolver casos legales marcaron un punto de referencia histórico de la ciencia forense y su influencia perdura hasta nuestros días.

Siglos más tarde en occidente, en Francia, en 1850, el médico Louis Bergeret participó en la investigación de un caso de infanticidio. El cuerpo de un niño fue hallado momificado en la chimenea de una finca en la ciudad de París. Bergeret observó que el cadáver tenía algunos insectos como huevos, larvas y pupas tanto de moscas como de polillas. Al estudiar el desarrollo de los insectos presentes pudo estimar el Intervalo Post Mortem (IPM), es decir, el tiempo transcurrido desde la muerte hasta el momento en que se encontró el cadáver (Bergeret, 1855).

Bergeret publicó esta investigación en 1855 como un informe de caso, en donde muestra que realmente no se centró en la entomología, sino que utilizó a los insectos como un indicio más entre otros; incluso, señala claramente que durante la época prevalecía falta de conocimiento sobre el tema. El caso marcó un hito más en la historia de la entomología forense, ya que fue la primera vez que se utilizó la sucesión de insectos como indicador para

estimar el tiempo de muerte. Es por ello que a Bergeret se le ha considerado como el padre de la entomología forense, su contribución no sólo fue significativa para la ciencia forense, sino que también impulsó un mayor interés y desarrollo en el campo de la entomología aplicada a la medicina legal.

Jean Pierre Mégnin fue otro gran pionero en la entomología forense, en su libro *“La Faune des Cadavres”*, publicada en 1894, describió detalladamente la sucesión de artrópodos en cuerpos expuestos en descomposición y estableció lo que él llamó “cuadrillas de la muerte”, agrupando a los insectos que contribuyen a la descomposición en ocho oleadas sucesivas.

Para cuerpos enterrados, describió las formas larvarias y adultas de varias familias de insectos, además realizó dibujos detallados que se centraron en la venación de las alas, los espiráculos posteriores, así como la anatomía general de moscas y de otros insectos para su identificación (Figura 2) (Mégnin, 1894). Su trabajo ayudó a establecer las bases para que las personas entomólogas forenses pudieran estimar el tiempo transcurrido desde la muerte basándose en el tipo de insectos presentes, su ciclo de vida y sucesión en el proceso de descomposición de los cuerpos.

Este enfoque ha sido fundamental para apoyar a la medicina y patología a estimar la data de la muerte en casos en donde los cuerpos están en un grado avanzado de descomposición.

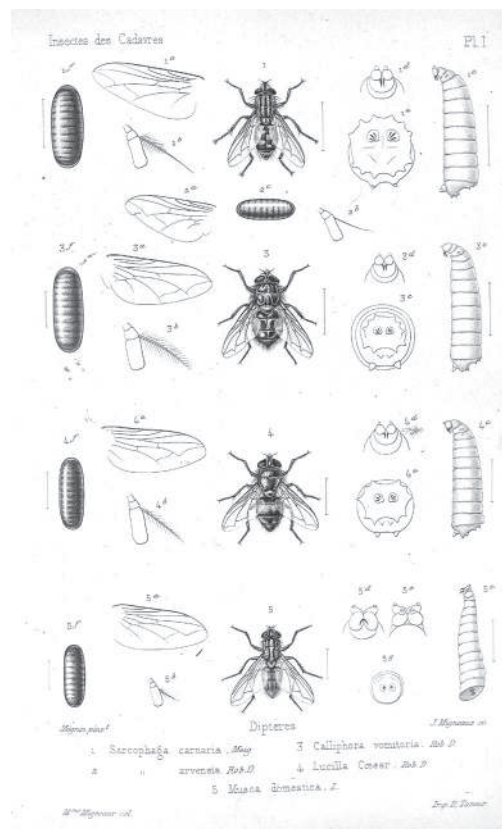
En las últimas décadas el auge de la entomología forense ha sido impulsado por varios investigadores en diferentes países del mundo. Sus obras son la referencia actual en el estudio de los insectos y su aplicación en la criminalística, medicina legal y otras ciencias forenses.

En algunos países de Europa, por ejemplo, en Bélgica, Marcel Leclercq ha contribuido con bastantes aportaciones de sus conocimientos sobre biología de insectos en muchos casos forenses (Dekeirsschieter et al., 2013)⁵.

En Inglaterra, Smith (1986) publicó el “Manual de Entomología Forense”, obra que en algunos laboratorios sigue vigente. Otro referente es Jens Amendt (2011), quien ha realizado investigaciones sobre insectos en cadáveres humanos y su importancia en la estimación del IPM en Alemania. En este mismo país, Marck Benecke (2001) proporcionó una síntesis de la historia de la entomología forense a nivel mundial, entre otros aportes.

En Polonia, Matuszewski et al. (2014), evaluaron el efecto de la masa corporal y la vestimenta sobre la descomposición de cadáveres de cerdo, ya que este modelo animal es el más empleado para estudios experimentales relacionados con algunas ciencias forenses, como entomología, tafonomía, medicina, entre otras.

Figura 2. Ilustraciones de algunas especies de dípteros y sus etapas de desarrollo



Nota. De izquierda a derecha se muestran estructuras con características morfológicas distintivas en: pupa, ala, antena, adulto, extremo anterior y posterior (con detalle de los espiráculos) de la larva y larva completa. Imagen tomada de Mégnin (1894).

⁵ Una síntesis de sus investigaciones publicadas a lo largo de 36 años, se puede consultar en “Forensic Entomology Investigations From Doctor Marcel Leclercq” (cita en referencias).

En otro estudio, Matuszewski et al. (2020), discutieron en un contexto metodológico sobre las ventajas y desventajas de emplear cerdos y humanos para la investigación forense, concluyeron que emplear este tipo de modelo experimental ofrece ventajas, ya que son más fáciles de replicar y controlar, razones por las cuales se han empleado en varios trabajos desde hace más de cincuenta años (Payne, 1965; 1968; 1972).

En América, el desarrollo de esta disciplina ha sido principalmente apoyado por investigadores de Canadá, como Anderson et al. (1996; 2011; 2020); y en Estados Unidos, por ejemplo, Lord et al. (1986; 1992), Goff (2000; 2010), Shoenly (1987), Byrd y Tomberlyn (2020), quienes han realizado diferentes aportaciones de gran alcance y que han inspirado diversos trabajos.

2.1. Áreas de la entomología forense

En un sentido más amplio, la entomología forense es el estudio de los insectos y otros artrópodos involucrados en cualquier tema legal (Hall, 2012), que puede incluir, clásicamente, tres áreas de aplicación (Lord y Stevenson, 1986):

- Entomología de productos almacenados: abarca casos de ámbito comercial o industrial, en donde pueden existir daños y contaminación sobre productos almacenados ocasionados por insectos a raíz de un mal manejo;
- Entomología urbana: casos de ámbito doméstico (no se restringe a eventos en ambientes urbanos), en donde pueden presentarse daños sobre inmuebles o estructuras del ambiente, así como sobre las personas, ya sea de manera accidental o por descuido” En ambos casos, potencialmente, se podría llevar a un litigio si se interpone una demanda, por lo que en algún momento un entomólogo forense intervendrá para realizar la investigación correspondiente y emitir un dictamen;
- Entomología médico-legal: casos que forman parte de procedimientos penales, que implican investigaciones de tipo criminal, por ejemplo, delitos por violencia o muerte. En este caso, los insectos o artrópodos asociados con el caso son considerados como parte de las evidencias o pruebas científicas, que la persona entomóloga forense tomará como base para la elaboración de su dictamen.

Esta última es el área de más alto alcance de la entomología forense y el tema del presente capítulo. La misma puede aplicarse en varias situaciones, por ejemplo, casos de abuso, maltrato y/o abandono de personas con discapacidad, infantes o personas adultas mayores (Benecke, 2004; Benecke y Lessig, 2001); detección de drogas o venenos (de Carvalho, 2010); identificación humana (Coulson et al., 1990; Linville et al., 2004); traslado y reubicación de restos humanos, movimiento de vehículos mediante reconocimiento de insectos impactados en los parabrisas (Smith, 1986); caza furtiva de vida silvestre (Anderson, 1999); maltrato y abandono de animales domésticos y de granja (Benecke, 2004), entre otras; sin embargo, el objetivo principal de la entomología forense médico-legal es la estimación del Intervalo Post Mortem (IPM o PMI por sus siglas en inglés), que se refiere al tiempo mínimo transcurrido desde la muerte hasta el hallazgo del cuerpo (Hart et al., 2008).

2.2. Cadáveres e insectos

La descomposición cadavérica es un proceso complejo, dinámico, natural y temporal, que constituye un componente importante del reciclaje de nutrientes y el flujo de energía en ecosistemas terrestres (Barton et al., 2012; Carter et al., 2007; Mizukami et al., 2020; Stuart y Ueland, 2017). La comprensión de este proceso tiene una extensa aplicación en las ciencias forenses, principalmente para la estimación del IPM (Benbow, 2013; Tibbet & Carter, 2008)

Después de la muerte, a nivel celular ocurren cambios bioquímicos, con ello cesan los procesos metabólicos y comienza la descomposición cadavérica, en donde los tejidos constituyentes del cuerpo se descomponen en formas más simples de materia (Kasper et al., 2012; Zender et al., 1958). Progresivamente la morfología y el aspecto del cuerpo se modifica y se va deteriorando, sobre todo por reacciones químicas y factores biológicos, como la intensa actividad de bacterias que producen gases con olores muy particulares, los cuales atraen a diversos artrópodos carroñeros, quienes contribuyen a la descomposición de los tejidos blandos.

Estos factores dependen, a su vez, de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura y la humedad, sin embargo, también pueden influir otros factores ante mortem o post mortem, por ejemplo, el tipo de muerte (calcinamiento, intoxicación) y barreras físicas (inhumación, contenedores plásticos) (Anderson & VanLaerhoven, 1996; Carter et al., 2007; 2010; Forbes & Carter, 2016; Mann et al., 1990).

Varios trabajos se han centrado en el estudio de los insectos carroñeros para estimar el Intervalo Post Mortem Mínimo (IPM-min), enfocándose principalmente en los órdenes Diptera (moscas) y Coleoptera (escarabajos) (Anton et al., 2011; Catts & Goff, 1992; Goff, 1993; Payne & King, 1970; Sharanowski et al., 2008; Smith, 1986), ya que algunas especies presentan una estrecha asociación a cadáveres dado que las larvas y los adultos los aprovechan como fuente principal de alimento, por lo que se consideran de gran relevancia en la entomología forense médico-legal. La importancia del estudio de estos insectos es que las moscas localizan los cadáveres frescos en corto tiempo, por lo tanto, pueden dar una estimación más precisa del IPM-min basado en el desarrollo de las larvas (Battán Horenstein et al., 2010; Calderon-Arguedas et al., 2005; Greenberg, 1991). Sin embargo, cuando los cadáveres se encuentran en estados más avanzados de descomposición, lo más adecuado es analizar el ensamblaje de insectos asociados al cuerpo, en donde la composición de especies de escarabajos suele estar mejor representada.

Aun así, estos insectos no son los únicos artrópodos que suelen encontrarse asociados a cadáveres (Byrd & Tomberlin, 2020; Matuszewski et al., 2010; Schoenly et al., 2005; Sharanowski et al., 2008).

En entomología forense, generalmente se emplea una clasificación del proceso de descomposición cadavérica, dividido en cinco estados, para facilitar el estudio y entendimiento de la asociación de la entomofauna al proceso de descomposición: fresco, hinchado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos⁶. Cada etapa atrae diferentes especies de insectos, lo que proporciona pistas esenciales para las personas investigadoras (Tabla 1).

6

Cada una de estas etapas se correlaciona con uno o varios fenómenos cadavéricos que se manejan en la medicina legal.



Tabla 1. Etapas de la descomposición cadavérica de acuerdo al criterio de la entomología forense

ETAPA DE DESCOMPOSICIÓN CADAVÉRICA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PRINCIPALES	ENTOMOFAUNA ASOCIADA
FRESCO	• Comienza en el momento de la muerte. • Descenso de la temperatura. • Sin olor asociado.	• Dípteros adultos. • Pocos huevos y larvas de dípteros en las primeras horas.
HINCHADO	• Distensión abdominal e hinchazón leve a intensa. • Moderado olor a putrefacción.	• Dípteros adultos. • Abundancia moderada de larvas de dípteros. • Coleópteros adultos necrófagos y depredadores.
DESCOMPOSICIÓN ACTIVA	• Desprendimiento de pelo. • Intenso olor a putrefacción. • Aumento de temperatura del cadáver. • Cambio en la humedad del cadáver.	• Abundante agregación de larvas de dípteros con intensa actividad. • Dípteros y coleópteros adultos.
DESCOMPOSICIÓN AVANZADA	• Desprendimiento del tejido muscular. • Huesos expuestos y desarticulados. • Moderado olor a putrefacción.	• Migración de larvas de dípteros. • Coleópteros adultos y juveniles.
RESTOS SECOS	• Restos óseos y remanentes de pelo, piel y cartilago. • Leve o nulo olor a putrefacción.	• Poca presencia de adultos de dípteros (segunda oleada). • Pupas de dípteros enterradas en la periferia del cadáver. • Larvas y adultos de coleópteros.

Fuente: elaboración propia.

2.3. Artrópodos de importancia forense: categorías ecológicas

Los artrópodos son omnipresentes en la naturaleza y es casi inevitable que no se les encuentre asociados en algún lugar de intervención en campo, principalmente en donde exista al menos un cuerpo en descomposición, ya sea porque es parte de su hábitat natural o porque han sido atraídos o introducidos. Sin embargo, no todas las especies de artrópodos que se encuentran sobre un cadáver (o cercanas a éste) se alimentan y/o efectúan su desarrollo sobre él.

Para interpretar el tipo de asociación que las diferentes especies de artrópodos pueden presentar en un cuerpo, varios autores han hecho propuestas en donde acuñan términos que dan explicación de las categorías ecológicas (o roles) que desempeñan las especies en el ecosistema de la carroña.

Por ejemplo, de acuerdo a lo propuesto por Labrador (2005) y Naranjo-López y Navarrete-Heredia (2011), se consideran como necrócolos a todas las especies de artrópodos que están asociadas a carroña, se les encuentra directamente en cadáveres o se colectan en necrotrampas; se reconocen tres categorías:

a) Necrobios: especies que tienen una marcada dependencia por la carroña. Las larvas y adultos la utilizan como alimento. Se incluyen aquí las especies necrófagas.

b) Necrófilos: especies que se encuentran en la carroña para alimentarse de otros insectos, o bien, cuando la carroña se encuentra invadida por microorganismos; generalmente el cadáver se encuentra licuefacto. Se divide en dos subcategorías:

- Necrófilos saprófagos: especies que, aunque se alimentan de carroña, en general consumen materia orgánica en descomposición cuyo origen puede ser animal, vegetal o fúngico. Se incluyen aquí las especies copronecrófagas, coprófagas y, en general, todas aquellas que se alimentan de materia orgánica en descomposición.
- Necrófilos depredadores: especies que aprovechan la presencia de presas en la carroña, tales como necrobios o necrófilos saprófagos.

c) Necroxenos: especies que se implican en la carroña de manera accidental. Sus hábitos y hábitats son diferentes a la carroña, aunque cercanos a la misma, por ejemplo, hojarasca, flores, hongos.

Dentro de los diversos artrópodos, las especies necrobias son las de mayor importancia, como los dípteros, que son los primeros organismos en colonizar el cadáver y, en segundo lugar, los coleópteros (Goff, 1993). Dado que su ciclo de vida está estrechamente ligado a la disponibilidad del recurso de la carroña, éstos pueden brindar información relevante para la estimación del IPM mediante el estudio de la edad de las larvas.

Según Smith (1986) el segundo grupo más significativo es el de especies necófilas parasitoides y depredadoras, tales como himenópteros (avispa y hormigas) y coleópteros, respectivamente. Después, se pueden encontrar especies necroxenas, por ejemplo, hormigas, ácaros, arañas, opiliones, ciempiés, escorpiones, entre otros, los cuales pueden ser omnívoros o depredadores accidentales (Méglin, 1894).

2.4. Entomología forense y fosas clandestinas

Como se mencionó con anterioridad, la entomología forense es una disciplina crucial en la investigación de crímenes, especialmente en casos en los que los restos humanos han sido ocultados.

La detección de fosas clandestinas representa un desafío significativo, ya que las personas perpetradoras suelen emplear métodos para evitar la localización de las víctimas. Los insectos, siendo atraídos por la descomposición, pueden ofrecer pistas vitales sobre la ubicación y el tiempo transcurrido desde la muerte.

Sin embargo, la tarea de las personas entomólogas forenses no se limita a la simple identificación de especies: también deben interpretar los datos en el contexto de las condiciones ambientales, lo que puede afectar las etapas de descomposición y, por ende, la colonización de los insectos.

Además, la colaboración con personas expertas en geofísica y caninos de búsqueda puede ser indispensable para detectar restos enterrados. A menudo, quienes investigan deben confiar en informantes para localizar, incluso, el área general de una inhumación clandestina — y señalar la ubicación exacta es una tarea más compleja —.

Una vez encontrada una fosa, se procede a una meticulosa excavación, asegurando la preservación de evidencia. Cada hallazgo puede ser pieza clave en la reconstrucción de eventos y en la administración de justicia, demostrando así la importancia de la entomología forense en el ámbito legal (Byrd & Sutton, 2023).

Su valía es indiscutible, especialmente en inhumaciones. Los insectos, a través de su colonización, pueden ofrecer pistas cruciales sobre el IPM y otro tipo de información relevante para ampliar la investigación; por ejemplo, si un cuerpo fue depositado inicialmente en una ubicación y luego trasladado a otra para su entierro, los insectos presentes pueden reflejar la fauna del primer sitio. Esto puede ser evidente a través de la presencia de especies de insectos que no son típicas del área de descubrimiento. Además, la mezcla de especies sobre y alrededor de los restos puede indicar perturbaciones o movimientos posteriores a la muerte (Smith, 1986).

La presencia de insectos dentro de la oquedad también es significativa; algunas especies no pueden penetrar en el suelo (principalmente ciertas formas larvarias) y, por lo tanto, deben haber sido introducidas durante el entierro, mientras que otras pueden haber ingresado después, excavando a través del suelo.

La identificación precisa de estas especies y la comprensión de sus ciclos de vida pueden revelar no sólo la duración del depósito, sino también aspectos del tratamiento del cuerpo y las condiciones del entorno. Estos datos, cuando se interpretan correctamente por especialistas en entomología forense, pueden ser fundamentales para reconstruir la cronología de los eventos que rodearon la muerte y el entierro, proporcionando así información vital para las investigaciones criminales (Walsh-Haney et al., 2019).

III. Materiales y Métodos

Si bien, este estudio integral es principalmente de tipo descriptivo, también proporciona información generada a partir de algunas colectas realizadas en los Polígonos 1 y 2, en los municipios de Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga, respectivamente, en los que se materializó la investigación “Interpretar la naturaleza para encontrar a quienes nos faltan”.



Aunque el ejercicio no fue sistemático ni estuvo apegado a un protocolo de investigación, en la medida de lo posible, se colectaron artrópodos para generar información sobre la entomofauna del sitio. Las muestras se realizaron en ambos sitios de experimentación⁷.

Los artrópodos se colectaron de manera directa, manualmente, usando pinzas entomológicas. Se preservaron en alcohol al 70%, se separaron por morfoespecie y se determinaron hasta la categoría taxonómica inferior posible. Los ejemplares montados y etiquetados se depositaron en una caja entomológica de madera, la cual se resguarda dentro de las instalaciones de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.

Para asignar la categoría ecológica de los insectos colectados en las zonas de estudio, se tomó como base la clasificación propuesta por Labrador Chávez (2005) y Naranjo-López y Navarrete-Heredia (2011), dado que facilita el entendimiento de la función que desempeñan las especies asociadas a la carroña, por su comportamiento y sus hábitos alimenticios.

Para este estudio observacional se hizo una búsqueda exhaustiva en bases de datos digitales de fuentes bibliográficas: Google Scholar y la Biblioteca Digital de la Universidad de Guadalajara. Se seleccionaron trabajos publicados en las últimas tres décadas. Para la búsqueda y selección en las bases de datos se utilizaron palabras clave en español e inglés solas o combinadas: insectos, entomología forense, cadáveres, Diptera, Coleoptera, Jalisco.

Los artículos seleccionados cumplieron con los siguientes criterios:

- Mención en el título y/o el resumen de, al menos, dos de las palabras clave utilizadas para la búsqueda.
- Mención de al menos un taxón de Diptera o Coleoptera como parte de los resultados; y
- Empleo de alguna necrotrampa o por cierto tipo de modelo biológico animal como cebo atrayente.

De las publicaciones seleccionadas se obtuvieron los datos de los taxones de Diptera y Coleoptera reportados para Jalisco, el tipo de estudio, hábitat o tipo de vegetación de la zona de estudio, modelo biológico o tipo de cebo utilizado, estado de descomposición cadavérica en el

7

Para mayor información sobre las áreas de estudio (coordenadas, tipo de suelo y vegetación, entre otros datos) se puede consultar el capítulo de este libro denominado “Experimentación forense: la historia de un proyecto”.



que se colectaron los especímenes (fresco, hinchado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos) ciudad, año y autor.

IV. Resultados y discusión

Los artículos que fueron seleccionados en las bases de datos para este estudio observacional sobre los insectos (Diptera y Coleoptera), y su potencial relevancia en la entomología forense médico-legal en el estado de Jalisco, están publicados entre 1995 y 2023 en revistas de circulación nacional o internacional, arbitradas, indizadas y no indizadas.

Respecto de los insectos necrócolos de Jalisco, se encontraron las órdenes Diptera y Coleoptera, con una y cinco familias, respectivamente.

a) Orden Diptera:

- Familia Calliphoridae. Los califóridos son moscas de coloración verde-azul metálico. Se encuentran distribuidas por todo el mundo y se alimentan principalmente de materia orgánica, de origen animal, en putrefacción.

Se les puede encontrar desde las primeras etapas de descomposición, por lo que son consideradas como un grupo importante para la estimación del intervalo IPM, ya sea estudiando sus ciclos de vida o la secuencia de aparición (Gennard, 2007; Nelder et al., 2009). A pesar de que los dípteros son el principal grupo de interés para la entomología forense, en Jalisco poco se ha investigado sobre este grupo. Tan solo se encontró un trabajo en Puerto Vallarta, en donde se documenta la sucesión de califóridos en cadáver de cocodrilo. Las especies reportadas fueron *Chrysomya rufifacies*, *Chrysomya megacephala*, *Cochliomyia macellaria* y una especie de *Lucilia* (Sánchez-Álvarez & Cupul-Magaña, 2012).



b) Orden Coleoptera:

- Familia Cleridae. Este grupo de coleópteros se distingue principalmente por presentar cuerpo pubescente, a menudo adornado con colores brillantes o metálicos. Algunas especies de cléridos tienen aplicaciones en la medicina forense debido a su presencia en cadáveres, ya que suelen alimentarse de restos de materia orgánica en descomposición de origen animal, así como también pueden presentar hábitos depredadores, lo que ayuda a estimar el IPM. Su ciclo de vida puede variar enormemente, desde los 35 días hasta los tres años, dependiendo de factores como la temperatura y la disponibilidad de alimento.

A las especies que se asocian a carroña, comúnmente se les llama “escarabajos del jamón” ya que suelen ser plaga importante en almacenes de productor cárnicos, como jamón o tocino, lo que puede representar un problema en ámbitos de la entomología forense de productos almacenados. En Jalisco se han reportado las especies *Necrobia rufipes* y *Necrobia ruficollis* asociadas a restos de cadáver de cerdo, coatí y venado, en una zona de cultivos en Zapopan (López-Caro et al., 2023). Además, su presencia en cadáveres humanos suele ser muy frecuente (Romero-Aguilar & López-Caro, comunicación personal, 15 de abril de 2023).

- Familia Dermestidae. Dentro de esta familia, las especies que más se observan en asociación con restos en descomposición son las del género *Dermestes* (del latín derma: piel), por lo que comúnmente se les conoce como “escarabajos de la piel” ó “del cuero”. Son uno de los grupos de insectos que más se encuentran asociados a la carroña; además, algunas especies pueden ser plagas de productos y despensas almacenadas, por lo que se les vincula con graves pérdidas (Kadej & Háva, 2015). La mayoría de las especies del género *Dermestes* son usadas en ciencias forenses para estimar el IPM.



A menudo se asocian a cadáveres en el último estado de descomposición, cuando sólo quedan los restos secos, ya que se alimentan de los tejidos deshidratados, de piel y pelo (Smith, 1986). Cuando la descomposición tiene lugar en ambientes con poca humedad, es probable que los derméstidos sean los únicos insectos presentes en los restos (Bellussi, 1933).

Las especies de importancia forense generalmente son cosmopolitas, para México solo se han documentado ocho en asociación con restos humanos y animales. En Jalisco, en un área agrícola, también del municipio de Zapopan, se han reportado las especies *Dermestes maculatus* y *Dermestes carnivorus* (López-Caro et al., 2023), igualmente relacionadas a restos de cadáveres de cerdo, coatí y venado — tanto en las etapas tempranas de descomposición como en las tardías—.

Reiteradamente se les identifica en cadáveres humanos (Romero-Aguilar & López-Caro, comunicación personal, 15 de abril de 2023).

- Familia Scarabaeidae. Los coleópteros de la familia Scarabaeidae corresponden a uno de los grupos mejor documentados en México y en el mundo. Para Jalisco, se conocen más de 300 especies (Navarrete-Heredia et al., 2001). Dentro de la familia, aquellas especies pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae se registran con mayor frecuencia asociadas a cadáveres de distintos tipos de animales mamíferos.

Estudios realizados en otros países citan a varias especies de Scarabaeinae como un elemento importante en los estudios de sucesión de fauna de cadáveres (Gennard, 2007).

En Jalisco, utilizando necrotrampas⁸, o con la ayuda de cadáveres de animales, se han colectado especies pertenecientes a los géneros *Ateuchus*, *Dichotomius*, *Scatimus*, *Canthidium*, *Copris*, *Canthon*, *Deltochilum*, *Coprophanaeus*, *Phaneus*, *Onthophagus* y *Oniticellus*. Contrario a lo que sucede con las especies de Silphidae en cuanto a su distribución altitudinal, los miembros de la subfamilia son más abundantes y diversos en localidades tropicales que templadas. En Jalisco se conocen algunos trabajos sobre



la fauna necrócola de Scarabaeinae, entre las que destacan los sitios: Sierra Manantlán (Rivera-Cervantes & García-Real, 1998); Mascota (Quiroz-Rocha et al., 2008); Gómez Farías (Naranjo-López y Navarrete-Heredia, 2011); Guadalajara (González-Hernández, 2013; 2015) y Zapopan (López-Caro et al., 2016; 2023).

- Familia Silphidae. Para el estado de Jalisco, se conocen cinco especies de Silphidae (Navarrete-Heredia, 2009) pertenecientes a las subfamilias: Silphinae (*thanophilus*, *truncatus* y *Oxelytrum discicolle*) y *Nicrophorinae* (*Nicrophorus Marginatus*, *N. mexicanus*, *N. olidus*). Las especies de Silphinae se encuentran por lo usual en cadáveres de tamaño relativamente grandes, con frecuencia se les puede encontrar en cadáveres humanos. Por el contrario, las especies de *Nicrophorinae* se aprecian en cadáveres algo pequeños. A pesar de ello, también se han colectado en cuerpos humanos en descomposición. Las especies de Silphidae se encuentran con mayor frecuencia en lugares templados, en donde predominan ambientes con bosque de pino-encino y generalmente, a altitudes superiores a los 1,500 metros sobre el nivel del mar (Navarrete-Heredia, 2009).

En Jalisco se han realizado estudios con los Silphidae necrócolas en distintos sitios: Nevado de Colima (Fierros-López & Navarrete-Heredia, 1995); Ahuiculco, La Primavera y Ex Hacienda del Lazo (Navarrete-Heredia & Fierros-López, 1998); Sierra de Manantlán (Rivera-Cervantes & García-Real, 1998); Mascota (Quiroz-Rocha et al., 2008); Gómez Farías (Navarrete-Heredia & Naranjo-López, 2011); Guadalajara (González-Hernández, 2013; 2015); y Zapopan (López-Caro et al., 2016; 2023). Con base en esa información y considerando sus hábitos alimentarios, las especies son catalogadas como necrobias.

- Familia Trogidae. Esta familia representa un pequeño grupo dentro de la superfamilia Scarabeoidea. La mayoría de las especies se distribuyen principalmente en las regiones templadas y áridas del mundo (Scholtz, 1990). Sobre todo, los trógidos son necrófagos-queratinófagos; con frecuencia los adultos se encuentran en restos de piel, pelos y plumas de animales muertos. Por lo general, se encuentran entre los últimos estados de la descomposición.



Por su estrecha asociación con cadáveres se les ha considerado de gran importancia en la entomología forense médico-legal, ya que pueden proporcionar información relevante principalmente para la estimación del IPM basado en la sucesión de especies. En Jalisco se han colectado algunas especies, con necrotrampas ó cadáveres de animales, entre las que destacan *Omorgus rubricans*, *Omorgus suberosus* y *Trox spinulosus dentibius*. Estas han sido documentadas en ambientes urbanos y periurbanos de Jalisco, por ejemplo, Guadalajara (González-Hernández, 2013; 2015); Zapopan (López-Caro et al., 2016; 2023).

4.1. Insectos necrócolos colectados en campo en los Polígonos 1 y 2

En total se colectaron 33 ejemplares de artrópodos, la mayoría de estos corresponden a los órdenes Coleoptera y Diptera, así como a especies necrobias o necroxenas (Tabla 2). Los ejemplares, montados y etiquetados, se depositaron en la caja entomológica (anteriormente descrita) para su preservación (Figura 3).

Se pretende que, a futuro, la colección se amplíe con colectas de los sitios en donde se realizan las prospecciones de campo o cuando se localicen fosas.



¿Quiénes son los primeros en detectar una inhumación clandestina?

Entomología forense: los insectos y su relación con las fosas clandestinas

Figura 3. Colección entomológica de la Dirección de Análisis y Contexto de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco



Tabla 2. Insectos necrócolos que forman parte de la colección entomológica, según nombre común, información taxonómica y categoría ecológica

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	TAXONOMÍA	CATEGORÍA ECOLÓGICA
	Mosca metálica o panteonera	Clase: Insecta Orden: Diptera Familia Calliphoridae Género: Chrysomyia	Necrobio Alimentación: carroña, tejidos blandos del cuerpo
	Mosca doméstica	Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Muscidae Género: Musca	Necrobio Necrófilo saprofago Alimentación: carroña y otro tipo de materia orgánica en descomposición
	Mosca parasitaria	Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Tachinidae Género: Sin dato	Necroxeno Alimentación: el juvenil se desarrolla dentro de un huésped (otro insecto) del cual se alimenta. El adulto se alimenta de néctar y polen

¿Quiénes son los primeros en detectar una inhumación clandestina?
Entomología forense: los insectos y su relación con las fosas clandestinas

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	TAXONOMÍA	CATEGORÍA ECOLÓGICA
	Escarabajo del jamón	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Cleridae Género: Necrobia Especie: Necrobia rufipes	Necrobio Alimentación: carroña
	Escarabajo de la piel	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Dermestidae Género: Dermestes Especie: Dermestes maculatus	Necrobio Alimentación: carroña, restos de piel y cartílagos
	Escarabajo pelotero	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scarabaeidae Género: Canthidium	Necrofilo saprofago Alimentación: carroña y excremento
	Escarabajo pelotero	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scarabaeidae Género: Phanaeus	Necrofilo saprofago Alimentación: carroña y excremento

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	TAXONOMÍA	CATEGORÍA ECOLÓGICA
	Escarabajo bombardero	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Carabidae Género: Calosoma	Necroxeno Alimentación: depredador generalista
	Escarabajo bombardero	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Carabidae Género: Calosoma	Necroxeno Alimentación: depredador generalista
	Escarabajo de las hojas	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Chrysomelidae Género: Sin dato	Necroxeno Alimentación: fitófago, hojas
	Escarabajo de las hojas	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Chrysomelidae Género: Sin dato	Necroxeno Alimentación: fitófago, hojas
	Escarabajo de las hojas	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Chrysomelidae Género: Sin dato	Necroxeno Alimentación: fitófago, hojas

¿Quiénes son los primeros en detectar una inhumación clandestina?
Entomología forense: los insectos y su relación con las fosas clandestinas

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	TAXONOMÍA	CATEGORÍA ECOLÓGICA
	Escarabajo de las hojas	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Chrysomelidae Género: Sin dato	Necroxeno Alimentación: fitófago, hojas
	Mayate	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scarabaeidae Género: Cothinis Especie: Cotinis antonii	Necroxeno Alimentación: fitófago, frutos
	Mayate verde	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scarabaeidae Género: Cotinis Especie: Cotinis mutabilis	Necroxeno Alimentación: fitófago, frutos
	Mayate de la calabaza	Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scarabaeidae Género: Euphoria Especie: Euphoria basalis	Necroxeno Alimentación: fitófago, flores y frutos

Fuente: elaboración propia.

V. Conclusiones

Es fundamental que la persona que investigue tenga conocimiento sólido y una comprensión de lo que es normal o anormal en el medio ambiente para poder identificar mejor las anomalías que pueden estar asociadas con una fosa clandestina, en ese sentido, la observación del entorno natural y su composición es vital para localizar indicios biológicos.

Los insectos desempeñan un papel crucial en la investigación de dichas inhumaciones, ya que su presencia puede proporcionar información valiosa sobre el tiempo transcurrido desde el depósito de los cuerpos.

Las personas entomólogas forenses estudian a las especies de insectos, bajo diferentes perspectivas: desde su genética, el ciclo de vida, su ecología, así como su comportamiento en los restos humanos para estimar el intervalo post mortem, lo cual es esencial para la reconstrucción de un hecho, así como para la identificación de las víctimas. Esto demuestra cómo la observación cuidadosa y el análisis científico de los fenómenos naturales pueden tener aplicaciones prácticas en la resolución de misterios y en la contribución al avance de la ciencia.

La literatura científica sobre artrópodos asociados a cadáveres en México es limitada, pero está en crecimiento. Los estudios realizados proporcionan una base importante para la comprensión de la fauna necrócola y su aplicación en las ciencias forenses.

En Jalisco, se ha observado que la fauna cadavérica varía significativamente, lo que requiere un conocimiento profundo de la biodiversidad local y las sucesiones ecológicas de los insectos. Los estudios realizados en el estado han identificado especies de insectos, principalmente de coleópteros asociados a cadáveres, lo que ayuda a comprender mejor los patrones de descomposición en las regiones.

A medida que la entomología forense continúa desarrollándose en la entidad, se espera que contribuya significativamente, proporcionando una herramienta más para la justicia penal.

VI. Recomendaciones

Para coleccionar insectos en el campo de manera efectiva, es importante seguir una serie de recomendaciones que aseguren tanto la preservación de los especímenes como el respeto por el medio ambiente.

Primero, es esencial contar con el equipo adecuado, que incluye redes entomológicas, frascos de recolección, pinzas y alcohol etílico en una concentración al 70-80% para la preservación. Además, es sumamente importante documentar cada espécimen recolectado con datos precisos sobre la ubicación, fecha y condiciones del hábitat.

Siempre se debe coleccionar con ética, evitando perturbar el ecosistema y tomando solo el número necesario de individuos para la investigación.

Es aconsejable hacer llegar las muestras a una persona entomóloga capacitada para su identificación taxonómica, ya que conocer la especie es un paso vital para toda investigación de entomología forense. Para más recomendaciones ver López-Caro et al. (2019).

Referencias

- ANDERSON, G. S. & VANLAERHOVEN, S. L. (1996). *The initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia*. Journal of Forensic Sciences, 41: 617-625.
- ANDERSON, G. S. (1999). *Wildlife forensic entomology: determining time of death in two illegally killed black bear cubs*. Journal of Forensic Sciences, 44: 856-859.
- ANDERSON, G. S. (2011). *Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments*. Journal of Forensic Sciences, 56(1):136-42.
- ANDERSON, G. S. (2020). *Factors That Influence Insect Succession On Carrion*. In, J.H. Byrd & J. K. Tomberlin *Forensic Entomology, The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Tomberlin. pp:104-130. CRC Press.
- ANTON, E., NIEDEREGGER, S. & BEUTEL, R. G. (2011). *Beetles and flies collected on pig carrion in an experimental setting in Thuringia and their forensic implications*. Medical and Veterinary Entomology, 25: 353-364.
- AMENDT, J., RICHARDS, C. S., CAMPOBASSO, C. P., ZEHNER, R. & HALL, M. J. (2011). *Forensic entomology: applications and limitations*. Forensic Science Medicine and Pathology. 7(4):379-92.
- BARTON, P., CUNNINGHAM, S., LINDENMAYER, D. & MANNING A. (2012). *The role of carrion in maintaining biodiversity and ecological processes in terrestrial ecosystems*. Oecologia, 3: 1-12.
- BARTON P. S. & EVANS, M. J. (2017). *Evans Insect biodiversity meets ecosystem function: differential effects of habitat and insects on carrion decomposition*. Ecological. Entomology, 42: 364-374
- BATTÁN HORENSTEIN, M., LINHARES, X., ROSSO DE FERRADA, 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, 24:16-25.
- BELLUSSI, A. (1933). *Considerazioni tanatologiche e indagini entomologiche dirette all'accertamento dell'epoca della morte di quattro persone decedute nel deserto*. Zacchia, 59-74.
- BENBOW, M. E., A. J. LEWIS, J. K. TOMBERLIN, & J. L. PECHAL. (2013). *Seasonal Necrophagous Insect Community Assembly During Vertebrate Carrion Decomposition*. Journal of Medical Entomology, 50(2): 440-450.

- BENECKE, M. (2001). *A biref history of forensic entomolgy*. Forensic Science International, 120:2-14.
- BENECKE, M. & LESSIG, R. (2001). *Child neglect and forensic entomology*. Forensic Science International, 120: 155–159.
- BENECKE, M. (2004). *Arthropods and corpses*. In M. Tsokos (ed.) Forensic Pathology Reviews. Humana Press Inc., pp. 207–240.
- BERGERET L. (1855). *Infanticide, Momification naturelle du cadavre*. Annales d'hygiène publique et de médecine légale, 2(4)
- BYRD, J. & SUTTON, L. (2023). *The Use of Forensic Entomology within Clandestine Gravesite Investigations*. Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti-Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, 101 (S1), 7.
- BYRD J. H. & TOMBERLIN, J. K. (2020). *Insect of forensic importance* P. p. 16-60. In, Byrd & Tomberlin (eds.). *Forenseic entomology*. The utility arthropods in legal investigations. CRC Press.
- CALDERON-ARGUEDAS, O., TROYO, A. & SOLANO, M. E. (2005). *Larval quantification of Synthesiomyia nudiseta (Diptera: Muscidae) as a criteria in analysis of the post mortem interval in an experimental model*. Parasitology Latinoamerica, 60: 138-143.
- CARTER, D. O., YELLOWLEES, D. & TIBBET, M. (2007). *Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems*. Naturwissenschaften, 94: 12-24.
- CARTER, D. O., YELLOWLEES, D. & TIBBETT, M. (2010). *Moisture can be the dominant environmental parameter governing cadaver decomposition in soil*. Forensic Science International, 200: 60-66.
- CASTILLO, M. (2002). *Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España)*. Monografías Sociedad Entomológica Aragonesa, 6.
- CATTS E. P. (1992). *Problems in estimating the postmortem interval in death investigations*. Journal of Agricultural Entomology, 9:245-55.
- CATTS, E. P. & GOFF, M. L. (1992). *Forensic entomology in criminal investigations*. Annual Review of Entomology, 37: 253-272.
- COULSON, R. M., CURTIS, C. F., READY, P. D., HILL, N. & SMITH, D. F. (1990). *Amplification and analysis of human DNA present in mosquito blood meals*. Medical and Veterinary Entomology, 4:357-366.

- DE CARVALHO, L. (2009). *Toxicology and forensic entomology*. In, J. Amendt, C. Campobasso, L. M. Goff & M. Grassberger (eds) *Current Concepts in Forensic Entomology*. Springer, pp. 163–178.
- DEKEIRSSCHIETER, J., FREDERICKX, C., VERHEGGEN, F., BOXHO, P. & HAUBRUGE, E. (2013). *Forensic Entomology Investigations From Doctor Marcel Leclercq (1924-2008): A Review of Cases From 1969 to 2005*. *Journal of Medical Entomology*, 50(5):935-954.
- FIERROS-LOPEZ, H. & NAVARRETE-HEREDIA. (2001). *Altitudinal distribution and penology (Coleoptera Silphidae) From Nevado de Colima, Jalisco, México*. *Pan-Pacific Entomology*, 77 (1).
- GENNARD, D. (2007). *Forensic Entomology an Introduction*. Jonh Wiley and sons.
- GOFF, M. L. & ODOM, C. B. (1987). *Forensic entomology in the Hawaiian Islands: Three case reports*. *The American Journal of Forensic Medicine Pathology*, 8: 45-50.
- GOFF, M. L. (1993). *Estimation of postmortem interval using arthropod development successional patterns*. *Forensic Science Review*, 5: 82-94.
- GOFF, M.L. (2000). *A Fly for the Prosecution – How Insect Evidence Helps Solve Crimes*. Harvard University Press.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. L., NAVARRETE-HEREDIA, J. L., QUIROZ-ROCHA, G. A. & LÓPEZ-CARO, J. B. (2013). *Coleópteros (Scarabaeidae, Trogidae y Silphidae) asociados a un cadáver de lechón Sus scrofa (Linnaeus, 1758) en el Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México*. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 29(1): 252-254.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. L., NAVARRETE-HEREDIA, J. L., QUIROZ-ROCHA G. A. & DELOYA C. (2015). *Coleópteros necrócolos (Scarabaeidae: Scarabaeinae, Silphidae y Trogidae) del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3): 764-770.
- GULLAN, P. J. & P. S. CRANSTON. (2014). *The Insects: An Outline of Entomology*. Wiley-Blackwell. pp. 624.
- GREENBERG, B. (1991). *Flies as forensic indicators*. *Journal of Medical Entomology*, 28, 565–577.
- HALL, M., WHITAKER, A. & RICHARDS, C. (2012). *Forensic Entomology*. In, N. Márquez-Grant, N. & Roberts, J. (Eds.) *Forensic ecology handbook: from crime scene to court*. Hoboken: John Wiley & Sons. pp. 111–140.

- HART, A. J., WHITAKER, A. P. & HALL, M. J. R. (2008). *The use of forensic entomology in criminal investigations: how it can be of benefit to SIOs*. The Journal of Homicide and Major Incident Investigation, 4: 37–47.
- KADEJ, M. & HÁVA, J. (2015). *A Contribution to the Knowledge of Dermestidae (Insecta, Coleoptera) of Laos With Description of Four New Species*. Annals of the Entomological Society of America, 108(5): 912–921.
- KASPER, J., MUMM, R. & RUTHER, J. (2012). *The composition of carcass volatile proles in relation to storage time and climate conditions*. Forensic Science International, 223: 64–71.
- KREMEN, C. R., COLWEL, T., ERWIN, D., MURPHY, R., NOSS, & SANJAYAN, M. (1993). *Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning*. Conservation Biology, 7 (4): 796–807.
- LABRADOR, G. (2005). *Coleópteros necrófilos de México: Distribución y diversidad*. Trabajo monográfico de actualización. Licenciatura en Biología, CUCBA, Universidad de Guadalajara.
- LECLERCQ, M. & BRAHY, G. (1990). *Entomologie et médecine légale: origines, evolution, actualisation*. Revue Médicale de Liège, 45, 34858.
- LINVILLE J. G., HAYES, J. & WELLS J. D. (2004). *Mitochondrial DNA and STR analyses of maggot crop contents: Effect of specimen preservation technique*. Journal of Forensic Science, 49:1–4.
- LÓPEZ-CARO, J. B., QUIROZ-ROCHA, G. A., NAVARRETE-HEREDIA, J. L. & HERNÁNDEZ B. (2016). *Coleópteros necrócolos en cadáver de reptil, ave y mamífero en un Bosque de Pino perturbado y en una zona de cultivo de maíz en Zapopan, Jalisco, México*. Dugesiana, 23(1): 3–14.
- LÓPEZ-CARO, J. B., QUIROZ-ROCHA, G. A., VÁSQUEZ-BOLAÑOS, M. & NAVARRETE-HEREDIA, J. L. (2019). *Coleópteros Asociados a Cadáveres de Mamíferos: Diseño de una Jaula para la Protección de Cadáveres Durante el Muestreo de Artrópodos Necrócolos*. Southwestern Entomologist, 44(3): 659–666.
- LÓPEZ-CARO, J. B., CISNEROS-CABALLERO, A., QUIROZ-ROCHA, G. A., CASTAÑO-MENESES, G. & NAVARRETE-HEREDIA, J. L. (2023). *Ensamblajes de coleópteros necrócolos en cadáveres de mamíferos en un agroecosistema en Jalisco, México*. Dugesiana, 30 (2) 265–277.

- LORD, W.D. & STEVENSON, J.R. (1986). *American Registered Professional Entomologists*. Chesapeake Chapter.
- MANN, R. W., BASS, W. M. & MEADOWS, L. (1990). *Time Since Death and Decomposition of the Human Body: Variables and Observations in Case and Experimental Field Studies*. *Journal of Forensic Sciences*, 35(1): 103-111.
- MATUSZEWSKI, S., BAJERLEIN, D., KONWERSKI, S. & SZPILA, K. (2010). *Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 2: Composition and residency patterns of carrion fauna*. *Forensic Science International*, 195: 42-51.
- MATUSZEWSKI, S., HALL, M. J. R., MOREAU, K. G., SCHOENLY, A. M. & TARONE, M. H. (2020). *Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research*. *International Journal of Legal Medicine*, 1-18.
- MATUSZEWSKI, S., KONWERSKI, S., FRĄTCZAK, K. & SZAFALOWICZ, M. (2014). *Effect of body mass and clothing on decomposition of pig carcasses*. *International Journal of Legal Medicine*, 128, 1039-1048.
- MÉGNIN, P. (1894). *La faune des cadavres. Application de l'entomologie a la médecine légale*. Encyclopedie scientifique des Aides-Mémoire, Masson, Paris, Gauthier-Villars.
- MICROSOFT. (2024). *Copilot IA*. [Diseño de imagen].
- MIZUKAMI, H., HATHWAY, B. & PROCOPIO, N. (2020). *Aquatic Decomposition of Mammalian Corpses: A Forensic Proteomic Approach*. *Journal of Proteome Research*, 19(5): 2122- 2135.
- NARANJO-LÓPEZ, A.G. & NAVARRETE-HEREDIA, J.L. (2011). *Coleópteros necrócolos (Histeridae, Silphidae y Scarabaeidae) en dos localidades de Gómez Farías, Jalisco, México*. *Revista Colombiana de Entomología*, 37 (1): 103-110.
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L. (2001). *Silphidae (Coleoptera) en llorente. Biodiversidad taxonómica y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. IBUNAM-UNAM-CONABIO.
- NAVARRETE-HEREDIA, J.L. DELGADO, L. & FIERROS-LOPEZ, H. (2001). *Coleoptera Scarabaeoidea de Jalisco, México*. *Dugesiana*, 8 (1).
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L. (2009). *Silphidae (Coleoptera) de México: Diversidad y distribución*. UdeG/CONABIO.
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L. Y FIERROS-LÓPEZ, H. (1998). *Sílfidos de tres localidades en Jalisco, México*. *Dugesiana*, 5 (1).

- NAVARRETE-HEREDIA, J. L. Y FIERROS-LÓPEZ, E. (2011). *Burying beetles (Coleoptera Silphidae) from western Jalisco, Mexico. Abundance and Phenology*. Sociobiology, 53 (3).
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L. & QUIROZ-ROCHA, G. A. (2014). *Entomología forense*. En H. R. Solis-Gadea & K. A. Planter-Perez (eds.), *Jalisco en el mundo contemporáneo aportaciones para una enciclopedia de la época. Tomo III, Ciencias biomédicas y Fisico-Químico-Biológicas*. Universidad de Guadalajara. pp.343-350.
- NELDER, M.P., MCCREADIE, J. W. & MAYOR, C. S. (2009). *Blow flies visiting decaying alligators: Is succession synchronous or asynchronous?* Psyche, 2009: 1-7
- RIVERA-CERVANTES, L. & GARCIA-REAL, E. (1998). *Análisis preliminar sobre la composición sobre los escarabajos necrófilos (Coleoptera: Silphidae y Scarabaeidae) presentes en dos bosques de pino (uno dañado por el fuego), en la Estación Científica de Las Joyas, Sierra de Manantlán, Jalisco, México*. Dugesiana, 5 (1).
- PAYNE, J. A. (1965). *A summer carrion study of the baby pig Sus scrofa Linnaeus*. Ecology, 46.(5):592–602.
- PAYNE, J. A., KING, E. W. & BEINHART, G. (1968). *Arthropod succession and decomposition of buried pigs*. Nature, 219 (5159):1180–1181.
- PAYNE, J. A. & KING E. W. (1970). *Coleoptera is associated with pig carrion*. Entomologist Monthly Magazine, 105: 224-232.
- PAYNE, J. A. & KING E. W. (1972). *Insect succession and decomposition of pig carcasses in water*. Journal Entomology Society, 7(3):153–162.
- SÁNCHEZ-ÁLVAREZ, G. & CUPUL-MAGAÑA, F. G. (2012). *Sobre la presencia de moscas califóridas (Diptera:Calliphoridae) en cadáveres de juveniles de cocodrilo americano (Cocodylus acutus) en Puerto Vallarta, Jalisco*. BIOCYT, 5: 353–357
- SCHOENLY, K. & REID, W. (1987). *Dynamics of heterotrophic succession in carrion arthropod assemblages: discrete series or a continuum of change?* Oecologia, 73: 192-202.
- SHARANOWSKI, B. J., WALKER, E. G. & ANDERSON, G. S. (2008). *Insect succession and decomposition patterns on shaded and sunlit carrion in Saskatchewan in three different seasons*. Forensic Science International, 179: 219-240.
- SCHOLTZ, C. H. (1990). *Revision of the Trogidae of South America (Coleoptera: Scarabaeoidea)*. Journal of Natural History, 24: 1391-1456.

- SMITH, K. (1986). *A manual of forensic entomology*. Trustees of the British Museum (Natural History). Cornell University Press.
- STUART, B. H. & UELAND, M. (2017). *Decomposition in aquatic environments Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment*. In E. Schotsmans, N. Márquez-Grant and S. Forbes (eds.), *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*. Wiley, pp. 235-250.
- SUNG, T. (1981). *The washing away of wrongs*. (Original title: *Hsi yüan chi lu*). Center for Chinese Studies, University of Michigan.
- TIBBETT, M. & CARTER, D.O. (2008). *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. CRC Press.
- WALSH-HANEY, H. A., GALLOWAY, A. & BYRD, J. (2019). *Recovering Buried Bodies and Surface Scatter: The Associated Anthropological, Botanical, and Entomological Evidence*. CRC Press, pp. 187–212.
- ZENDER, R., LATASTE-DOROLLE, C., COLLET, R.A., ROWINSKI, P. & MOUTON, R.F. (1958). *Aseptic autolysis of muscle: Biochemical and microscopic modifications occurring in rabbit and lamb muscle during aseptic and anaerobic storage*. *Journal of Food Science*, 23: 305-326.
- ZHANG, Z. Q. (2011). *Animal biodiversity: An introduction to higher-level classification and taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148: 7-1



Tafonomía



