LA ENTOMOLOGÍA FORENSE VETERINARIA EN ESPAÑA.

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN VETERINARIA

Autora: Ana Castro Arjona

Tutores: Dra. EVA MARIA FRONTERA CARRIÓN

Dr. DANIEL BRAVO BARRIGA

Unidad de Parasitología, Dpto. de Sanidad Animal

Curso académico 2017-2018

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque sin su amor y lucha diaria para permitirme acabar los estudios, este sueño que hoy se hace realidad, nunca hubiera sido posible. Gracias también por abrirme los ojos ante la importancia de una educación de calidad como arma de fuego para enfrentarse al mundo.

A mis amigas y amigos, por su apoyo constante y preocupación desmedida ante mis idas y venidas en estos cinco años que ha durado la bonita travesía. Por ser parte de ese viento que ha movido sin cesar las velas de este barco hasta llegar al puerto.

A mis directores Eva y Dani, por su dedicación y constancia frente a mi caos en la realización de este trabajo, por no tirar la toalla, confiar en nuestras posibilidades y alentarme a superarme en cada paso, por cada corrección y cada felicitación.

A los profesores que se han esforzado en transmitirme, tanto en clase, prácticas, pasillos o incluso en la cafetería, porque su real devoción por la enseñanza nos anima y motiva cuando más duro se hace el camino.

A los profesores que no han hecho ese esfuerzo, gracias también por hacer nuestro esfuerzo doble y nuestra victoria más sabrosa.

INDICE

1. RESUMEN 5
2. SUMARY 6
3. INTRODUCCIÓN 7
4. OBJETIVOS 9
5. MATERIALES Y MÉTODOS: 10
5.1 Base de datos 10
5.1.1 PubMed 10
5.1.2 Google Académico 11
5.1.3 Dialnet 11
5.2 Libros 12
5.2.1 Forensic Entomology 12
5.2.1 The European Families of the Diptera 12
5.2.2 Veterinary Forensic 13
5.3 Páginas webs 13
5.3.1 BOE 13
5.3.2 IVFSA 14
6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 15
6.1 Historia de la entomología forense 15
6.1.1 La medicina veterinaria forense 16
6.2 Intervalo post-mortem 18
6.2.1 Fuentes de error 21
6.2.2 Depredadores que se alimentan de los insectos que infestan el cadáver 22
6.2.3 Uso del crecimiento larval para el cálculo de IPM 22
6.2.4 Recogida y gestión de muestras 23
6.3 Identificación de moscas importantes en la entomología forense en España 24
6.3.1 Clasificación 25
6.3.1.1 Familias de moscas importantes en entomología forense 26
6.3.1.1.1 Calliphoridae 27
6.3.1.1.2 Sarcophagidae 33
6.3.1.1.3 Piophilidae 36
6.3.1.1.4 Muscidae 37
6.3.1.2 Familias de escarabajos importantes para la entomología forense 38
6.3.1.2.1 Silphidae “escarabajos carroñeros” 39

6.3.1.2.2 Staphylinidae "escarabajo vagabundo" 41
6.3.1.2.3 Histeridae "escarabajos payasos" 42
6.3.1.2.4 Dermestidae "escarabajos de cuero/alfombra/despensa" 44
6.3.1.2.5 Cleridae "escarabajos cuadriculados" 45
6.3.1.2.6 Nitidulidae "escarabajos de la savia" 47
6.3.1.2.7 Scarabidae "escarabajos peloteros" 48
6.4 Ecología forense 49
6.4.1 Ecología de las moscas importantes en la entomología forense 49
6.4.1.1 Calliphoridae 49
6.4.1.2 Muscidae 51
6.4.1.3 Sarcophagidae 51
6.4.1.4 Piophilidae 52
6.4.2 Ecología de los escarabajos importantes en la entomología forense 52
6.4.2.1 Sílfidos 54
6.4.2.2 Derméstidos 54
6.4.2.3 Histéridos 55
6.4.2.4 Cléridos 55
6.4.2.5 Estafilinidos 56
6.4.2.6 Escarabeidos 56
6.4.2.7 Nitidulidos 56
6.4.3 Ciclo biológico de la fauna implicada en la entomología forense 57
6.4.3.1 Díptera 57
6.4.3.2 Coleóptera 61
7. ENTOMOLOGÍA FORENSE VETERINARIA EN MEDICINA LEGAL 63
7.1 Crímenes o abusos animales y la entomología forense veterinaria 63
7.2 Relación entre la violencia animal y la familiar 65
8. CASO CLÍNICO 66
9. OPINIÓN PERSONAL 70
10. CONCLUSIONES 71
11. BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFÍA 72

1. RESUMEN

La entomología forense es una parte importante de la ciencia forense en la que el veterinario puede participar, pero que por desconocimiento y falta de inversión, queda invisible como salida profesional.

A fin de acercar la materia al campo profesional de la veterinaria en España, se ha realizado una búsqueda y recopilación de información actualizada para documentar la situación actual de la entomología nacional y las especies que en nuestro país tienen mayor importancia en este ámbito, mediante una selección de los artículos más destacados que tratan la materia en el ámbito nacional. Esta ciencia que no es nueva resulta de gran ayuda en los procesos judiciales donde existe un cadáver en el que se han desarrollado artrópodos. Mediante el estudio de éstos, y sobre todo, de las condiciones y tiempo con el que se han desarrollado, se pueden esclarecer datos importantes que rodean al suceso que llevó a la muerte del organismo, ya sea animal o humano, destacando la estimación que se puede hacer del intervalo post-mortem, dato primordial para la correcta comprensión e investigación judicial. Por lo tanto, es de vital importancia conocer la entomofauna implicada de cada región, no solamente en cuanto a su identificación, sino a las características que posee y su relación con el medio, como son su ecología, ciclos biológicos, etc.

A pesar de que casi solo se enfoca en el ámbito legal de medicina forense humana, lo cierto es que debido al reciente despertar social en cuanto al bienestar animal, esta ciencia puede aplicarse de igual forma a los crímenes contra animales, no estrictamente en el ámbito rural de los agroseguros como peritos, sino también en el caso de atentados contra animales domésticos o protegidos, interviniendo también de forma indirecta en la detección del maltrato familiar, que parece tener más relación con la violencia animal de la que antaño se reconocía. Por todo lo comentado, la entomología forense es una herramienta que consigue abrir aún más el amplio abanico de salidas veterinarias en el mundo laboral, no sólo ayudando a la resolución de crímenes en humanos sino también en animales, debiendo incentivarse su estudio como una materia reglada en las universidades.

Palabras clave: Entomología forense, Entomofauna España, Entomología forense veterinaria

2. SUMARY

Forensic entomology is an important part of the forensic science in which the veterinarian can participate, but due to ignorance and lack of investment, it is invisible as a professional opportunity.

In order to bring the subject to the professional field of veterinary medicine in Spain, a search and collection of updated information has been carried out to document the current situation of the national entomology and the species that in our country have a greater importance in this field, through a selection of the most outstanding articles that deal with the subject at the national level This science which is not new is a big help in judicial processes where arthropods have been developed in corpses, s, since by studying them, and especially the conditions and time with which they have developed, you can clarify important data surrounding the event that led to the death of the organism, whether animal or human, and highlighting the estimate that can be made by using this science of post-mortem interval, being essential for the correct judicial investigation and understanding. Therefore, it is vital to know the ‘entomofauna' involved in each region, not only in terms of their identification, but also the characteristics they possess and their relationship with the environment, such as its ecology, biological cycles, etc.

Although it almost only focuses on the legal field of humans, the truth is that due to the recent social awakening in terms of animal welfare, this science can be applied in the same way to crimes against animals, but also in the case of attacks against domestic or protected animals, intervening indirectly in the detection of family abuse that seems to have more to do with animal violence than was once recognized. For all the foregoing, forensic entomology is a tool that manages to further open the wide range of outputs that we have in the workplace as veterinarians, not only helping to solve crimes in humans but also in animals, trying to be encouraged to study as a regulated subject in the universities.

Key words: Forensic entomology, Spanish´s entomofauna, veterinary forensic entomology.

3. INTRODUCCIÓN

Los artrópodos llevan siendo conocidos por el hombre desde hace siglos, como demuestra la 14º lápida de la serie de Hurra-Hubulla en la época de Hammurabi (rey de Babilonia, 150 a.C.) donde ya fueron nombrados. A pesar de ser conocidos, el sentido que cobran ha ido cambiando de forma transcendental a través de las culturas y las épocas. De este modo, las moscas aparecen como una plaga enviada para castigar a los infieles en la Biblia, mientras que en Egipto se consideraban un amuleto por su valor profiláctico **y** protector. En África se relacionaban con Beelzebur, príncipe de las moscas, ya que éstas no entraban en su templo, pero si recubrían su estatua cuando estaba cubierta de sangre. Por su parte, los escarabajos eran sagrados en Egipto (*Scarabeido sacer*), debido a que se vinculaban a Khepi, Dios del sol, por la similitud de la bola de estiércol que arrastraban a la estrella. Los "escarabajos corazón", sin embargo, se tallaban en el pecho del difunto para evitar que el corazón testificara en contra del fallecido. A pesar de conocerse su relación con los cadáveres, tuvo que ser Redi (médico naturalista italiano, 1626) quien desmintiera la falsa creencia de que estos artrópodos se generaban de forma espontánea.

Actualmente sabemos que los artrópodos representan el grupo más amplio y completo de animales, con una relación de 12 millones y medio de artrópodos por persona. Existe una enorme diversidad de especies y géneros en todos los ecosistemas, debido a las muchas modificaciones que han ido desarrollando. Tras mucho tiempo, se ha reconocido su labor como trabajadores del reciclaje de la materia en descomposición y también como polinizador, lo que favorece la continuidad de la flora y por tanto de la fauna que de ella se alimenta. Sin embargo, a pesar de los muchos beneficios que pueden proporcionarnos, a día de hoy, siguen sin ser aceptados por la mayoría de la población, causando en ésta rechazo y repugnancia.

No obstante, también es cierto que son los causantes de muchas plagas que acaban con los cultivos e incluso con los productos de industrias alimenticias, como es el caso de *Piophila casei,* mosca responsable de la alteración y desecho del jamón en los secaderos, lo que produce pérdidas económicas directas a este sector por la pérdida del producto, y también la necesidad de invertir en las medidas preventivas. Otras moscas, por el contrario, son vectores de enfermedades, como la mosca *tse-tse* (*Glossina* spp.) que transmite *Trypanosoma brucei* (la enfermedad del sueño), ocasionando numerosas muertes humanas todos los años. Algunos escarabajos también ocasionan plagas que

repercuten en los humanos, como por ejemplo la que produce *Dermestes lardarius* en algunos alimentos almacenados en las despensas.

La ciencia que se dedica al estudio de estos insectos es la entomología. Dentro de ella, existe una rama muy poco reconocida que es la entomología forense, cuyo objetivo principal es el estudio de los artrópodos implicados en procesos forenses. Estos seres van a proporcionar información muy útil para la estimación del intervalo post-mortem, es decir, el tiempo que ha transcurrido desde la muerte del animal o persona hasta que se ha recogido el insecto del cadáver, lo que aportará información muy valiosa en las investigaciones judiciales y resoluciones de crímenes. Los primeros casos resueltos por esta rama datan de 1235, donde un investigador chino conocido como Sung Tz´u, resolvió un asesinato gracias a la presencia de moscas sobre el arma homicida. Aunque este primer caso no tuvo mucha relevancia, la entomología forense resurgió de forma brillante en 1850 gracias a Louis François Étienne Bergeret, al conseguir la exculpación de unos inquilinos por un delito de homicidio, lo que provocó un antes y un después sobre la imagen de esta ciencia, aportándole mayor relevancia como ciencia forense. Debido a su ya demostrada utilidad, fueron más los científicos que se embarcaron en su estudio en los años sucesivos.

En el caso del veterinario, debido a su formación profesional, tiene acceso a muchos conocimientos de gran utilidad en este área. No obstante, debido a la falta de investigación, recursos y visibilidad lo hacen ser un profesional casi desapercibido en este sector.

España, a pesar de ser una de las potencias económicas mundiales, cuenta con muy poca formación en este campo, existiendo una mayor investigación y registro de datos en otros países, como por ejemplo los latinoamericanos. Hace falta, por tanto, arrojar luz sobre esta materia, ya que su utilidad ha sido demostrada y contamos con profesionales cualificados para llevarla a cabo, teniendo por ello la necesidad de estudiar y ampliar los conocimientos para que pueda ser desarrollada de forma eficaz.

4. OBJETIVOS

Los objetivos que se quieren alcanzar con la realización y posterior exposición del presente trabajo son:

- Conseguir la familiarización de los lectores con el término entomología forense y revisar su situación actual en España.
- Conocer con mayor profundidad las familias de insectos más implicadas en la entomología forense veterinaria en España.
- Esclarecer y definir los distintos papeles que tiene el veterinario en la entomología forense veterinaria.

5. MATERIALES Y MÉTODOS:

Para llevar a cabo la realización de la presente revisión bibliográfica se han consultado varias fuentes de información, como bases de datos de internet de varias agencias y libros de reconocida referencia en esta materia.

La metodología seguida para la búsqueda se ha basado en la recopilación de artículos y revisiones seleccionados tras un sondeo fundado en palabras claves (forensic entomology, entomology in Spain, Calliphoridae forensic, entre otras), acotando los resultados en función del año de publicación, cuando ha sido necesario, para así asegurar una información lo más actualizada posible.

Conforme ha ido avanzando el guion del trabajo, las palabras clave han variado, para de esta manera hacer la búsqueda más especializada en cada apartado.

5.1 Base de datos

5.1.1 PubMed

Se trata de un motor de búsqueda online de acceso gratuito y libre a una base de datos de MendLine (Figura 1), con artículos, investigaciones, revisiones y citas biomédicas ofrecidas por la biblioteca nacional de medicina de Estado Unidos. A pesar de que la existencia de esta base de datos se remonta a 1966, no ha sido hasta 1996 cuando se puso en funcionamiento como tal. Por tanto, hay algunas restricciones en artículos de años anteriores.

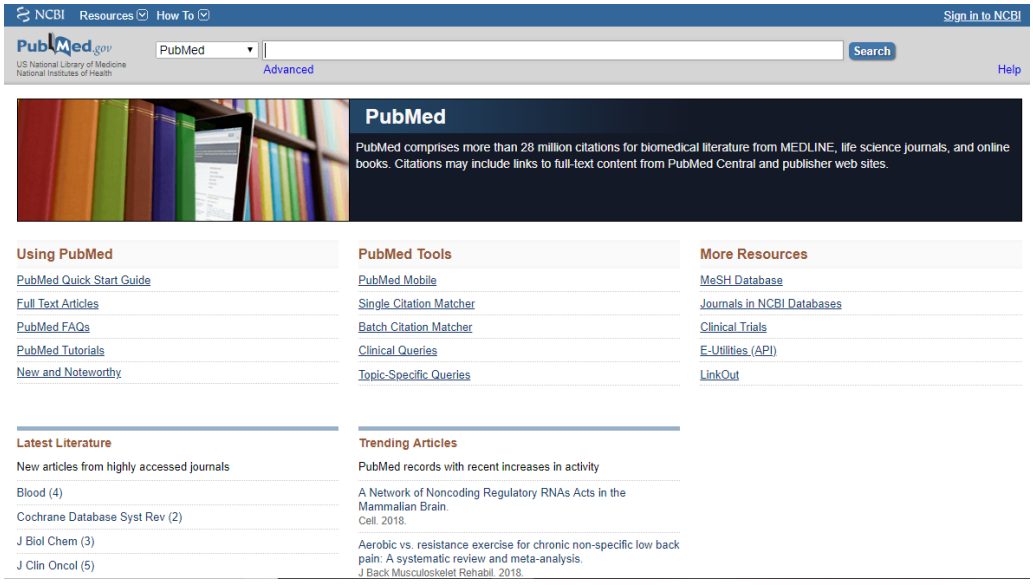

Figura 1: PubMed. Fuente: PubMed 2018.

5.1.2 Google Académico

Es un motor de búsqueda específico de Google (Figura 2), de acceso libre, especializado en contenido y literatura científica-académica. Entre sus resultados se incluyen citas, artículos, enlaces a libros y bibliotecas, entre otros. Fue puesto en marcha para el público en el año 2005.

Figura 2: Google Académico. Fuente: Google académico 2018.

5.1.3 Dialnet

Al igual que el anterior, se trata un motor de búsqueda online de libre acceso (Figura 3), pero de origen hispano y creada en la Rioja, que comenzó su actividad como portal de difusión de información científica en el 2001. Constituye una hemeroteca virtual donde podemos encontrar nuevamente artículos, revisiones, citas y tesis entre otras. Además, colabora con universidades españolas e hispanoamericanas.

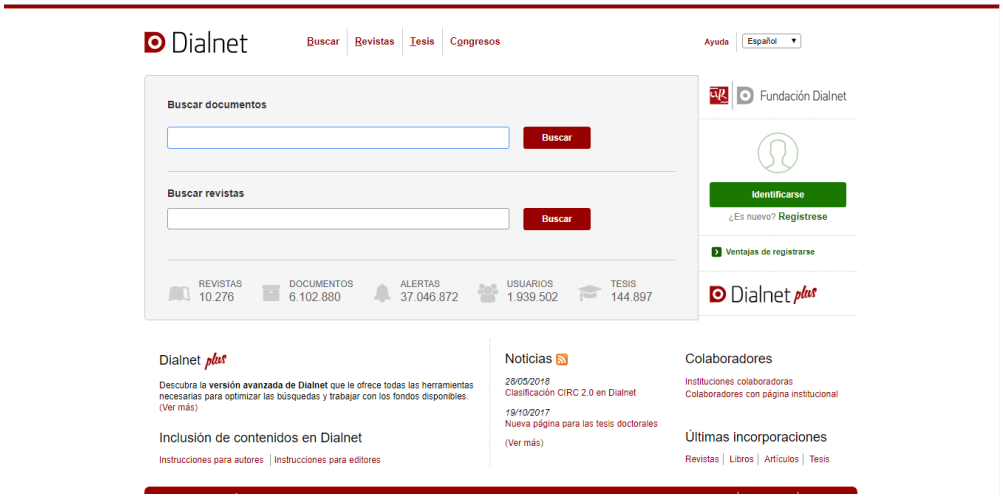

Figura 3: Dialnet. Fuente: Dialnet 2018.

5.2 Libros

5.2.1 Forensic Entomology

El libro (Figura 4) proporciona de forma concisa una introducción a la materia apropiadamente explicada y redactada para los estudiantes. Presta una primera y clara base de conocimientos que van aumentando de nivel conforme el libro avanza, para ser útil también a aquellos que ya se hayan iniciado en la materia. Su contenido presenta una guía práctica sobre la entomología, abarca todos los apartados de prioridad en esta materia y está además ilustrada para ayudar a la comprensión.

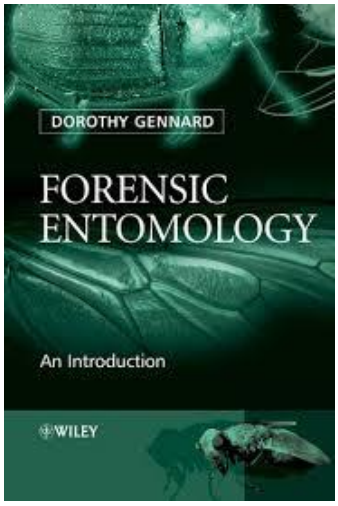

Figura 4: Portada del libro "Forensic entomology. An introduction."

5.2.1 The European Families of the Diptera

El libro (Figura 5.) proporciona una amplia y precisa clave de identificación y descripción de las familias de dípteros en Europa, además de un amplio capítulo exclusivamente dedicado a la terminología. Están incluidas también ilustraciones para esclarecer las explicaciones de las diferentes morfologías. Debido a su diseño y contenido puede ser interesante tanto para el que busca iniciarse en la entomología o la identificación, o para aquellos que ya lo están.

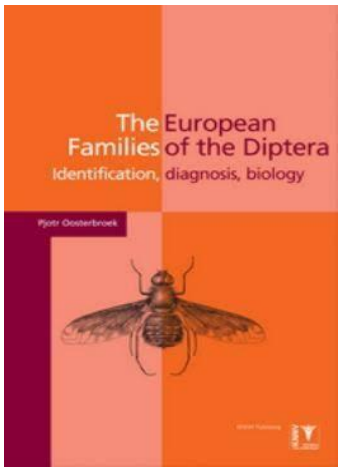

Figura 5: Portada del libro “The European Families of the Diptera”.

5.2.2 Veterinary Forensic

El maltrato animal es una asignatura pendiente de la sociedad que poco a poco está teniendo más eco, no sólo a nivel social, sino también legal. Veterinarios y patólogos deben estar correctamente formados para detectar y actuar debidamente en estos casos de crímenes contra animales. Este libro (Figura 6) es un referente práctico de forense veterinaria para veterinarios e investigadores que proporciona los recursos necesarios para abordar y trabajar los casos de abuso animal.

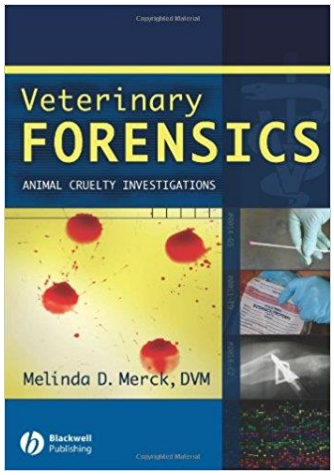

Figura 6: Portada del libro “Veterinary Forensics”.

5.3 Páginas webs

5.3.1 BOE

Boletín Oficial del estado español, es una biblioteca jurídica virtual (Figura 7). Se publican las leyes, disposiciones y actos de inserción obligatoria. En él se encuentran las leyes por ejemplo del código penal. Su acceso es totalmente gratuito y está actualizado según las leyes.

Figura 7: Página BOE, código penal, 2018.

5.3.2 IVFSA

En este portal (Figura 8) encontramos material e información actualizada de interés forense veterinaria. La asociación internacional de forense veterinaria, fue creada en 2008 como acuerdo entre otras dos instituciones, la ASPCA (Sociedad americana para la prevención del maltrato animal) y la Maple centre of forensic medicine, que se encarga de llevar esta página y mantener el contacto entre los distintos países asociados.

Figura 8: Portal de la IVFSA, 2018. www.ivfsa.org

6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

6.1 Historia de la entomología forense

La entomología forense, aunque ha tenido una mayor importancia desde hace varias décadas, en realidad lleva con nosotros mucho tiempo, pero en la sombra. Ya desde el antiguo Egipto se tiene referencias sobre el papel de los insectos, en particular moscas, en la descomposición de los cadáveres. Un claro ejemplo podemos encontrarlo en El Papiro de Gizeh 18026: 4: 14, hallado en una momia, y el cual refiere "Las larvas no se van a transformar en moscas dentro de ti" (Gennard, 2007).

Sin embargo, como disciplina, aparece por primera vez en China en 1235, donde gracias a los registros del investigador Sung Tz´u tenemos constancia de la resolución de un asesinato gracias al conocimiento de la biología de las moscas, en concreto de la familia Calliphoridae (Gaminde, 2015). Los hechos se remontan a una pequeña aldea, en la que apareció un campesino muerto en los arrozales, por lesiones compatibles con el uso de una hoz. El investigador convocó a todos los trabajadores del arrozal y sus hoces a la plaza mayor. Transcurrido un tiempo, las moscas aparecieron sobre una de las hoces, ya que, a pesar de estar limpias, quedaban restos y olor a sangre que aun siendo imperceptibles para el hombre, no lo eran para las moscas (Magaña, 2001). Estas moscas fueron atraídas sólo a esa herramienta, lo que condujo a la confesión del crimen por parte del propietario.

Pero no fue hasta finales del siglo XVII –XIX cuando se produjo un auge en el estudio de los insectos y sobre todo de su ciclo vital, es decir, su metamorfosis. Entre los participantes de estos estudios destacamos al español Mateo Orfila, quien trabajó activamente en la investigación de insectos sobre cadáveres, aunque sin relacionar aún este fenómeno con la determinación del cálculo post-mortem (Castelló y cols., 2014).

Francesco Redi desmiente la teoría de la generación espontánea en 1688 gracias a numerosos experimentos (Magaña, 2001), y junto con Karl va Linné, que comienza la nomenclatura zoológica y la identificación de numerosas especies, incluida *Calliphora vomitoria* (Gennard, 2007), consiguen arrojar algo de luz sobre un terreno aún apagado.

Sin embargo, hasta 1745 no aparece el término entomología, de la mano del francés Charles Bonnet (Castelló y cols. 2014), y no es hasta 100 años después, donde en este mismo país, Louis François Étienne Bergeret en 1850, lleva la primera aplicación de esta “nueva” ciencia a juicio, con la resolución de los culpables de un asesinato (Gaminde, 2015).

Estos acontecimientos despiertan el interés de numerosos investigadores, que acogieron gustosamente a la entomología como centro de sus estudios, como son los casos de George P. Yovanovich que en 1888 publicando una importante obra *"Entomologie appliquée à la medècine lègale"* (Magaña, 2001) o de Jean Pierre Mégnin, que en su libro *"La Faune des cadavres"* en 1894, describió por primera vez como tenía lugar la sucesión de los insectos en los cadáveres conforme se desarrollaba el proceso de descomposición, destacando la utilidad de la entomología en las prácticas médico legales (De Pancorbo y cols., 2006).

Aunque parezca que la entomología acababa de despegar, a finales del s.XIX y mitad del s.XX sufre una importante desaparición del escenario científico. Las causas a estas lagunas posiblemente se debieron a la falta de especialización dentro de los entomólogos en la fauna cadavérica, el distanciamiento profesional entre entomólogos y médicos legales y, por último, a la reducida demanda de éstos para la resolución de casos (Magaña, 2001).

A pesar de los lastres anteriores, en 1978 Marcel Leclercq publica *"Entomología y Medicina Legal. Datación de la Muerte"*, y posteriormente el inglés Smith publica en 1986 el *"Manual de entomología forense"*. A partir de este momento, la entomología forense ha ido conquistando terreno y haciéndose hueco en la medicina forense legal (Castelló y cols., 2014), habiéndose utilizado como herramienta válida y recurso legal en la resolución de crímenes, como uno ocurrido en Escocia, cuya resolución se obtuvo tras la aplicación de la entomología forense en la recogida de *Calliphora vicina,* junto con más pruebas (Gennard, 2007).

En el s.XX, este conocimiento de la entomología forense por parte de la población, ha sido alcanzado mayoritariamente gracias a la visibilidad que le han otorgado distintos medios, como son la literatura con la novela negra, y sobre todo la televisión (Gaminde, 2015). Esta última, ha llevado a la entomología forense de desconocida a conocida en el ámbito popular, gracias al éxito de numerosas series como *Bones* y *CSI* entre otras, e incluso películas como *El silencio de los corderos*.

6.1.1 La medicina veterinaria forense

Debido a la variación de la entomofauna en función del cadáver (ave, mamífero, carnívoro, omnívoro, etc.) y de los cambios que ésta puede sufrir por acciones meteorológicas, biológicas (bacterias, hongos, etc.) o incluso por el hombre, es

importante el conocimiento detallado de profesionales veterinarios en cuanto a la recolección, manejo y procesado posterior de estos artrópodos, permitiendo de este modo unos resultados forenses verídicos y concluyentes.

En el hombre, esta disciplina permite su utilización en varios ámbitos, como puede ser homicidio, suicidio, negligencia y violación sexual. Afortunadamente, se ha extendido también a estudios en el ámbito de la fauna y la medicina veterinaria, convirtiéndose en una herramienta esencial en el ámbito de la fauna silvestre y también de los animales domésticos, con particular relevancia en la aclaración de eventuales casos de negligencia y / o abuso de animales en cautiverio, indiciados por la evidencia de miasis, o en animales salvajes envenenados o cazados en áreas protegidas (Rebelo y cols., 2014).

La investigación de crímenes de animales debe cumplir con los mismos estándares rigurosos que otras infracciones criminales, por tanto, queda justificada la necesidad de los clínicos veterinarios y de los patólogos de adquirir competencias que les permita evaluar las diversas situaciones, en particular, la distinción entre diferentes patrones traumáticos cerrados o abiertos, accidentales o infligidos, asfixia y ahogamientos, envenenamientos, quemaduras, malos tratos por negligencia, entre otros, independientemente de la especie animal a que se refiera (Rebelo y cols., 2014). Melinda Merck en 2007, publicó el libro "*Veterinary Forensics"*, en el que se recopila información sobre cómo dirigir la investigación en un escenario de crimen, técnicas de laboratorio forenses, interpretación de resultados de la patología forense y directrices sobre la forma de lidiar con las evidencias y conducir las evaluaciones que serán llevadas ante el tribunal.

En el ámbito nacional queda mucho camino por recorrer, aun así, debemos destacar los trabajos y estudios realizados por distintos autores, que constituyen básicamente la única fuente de información verídica sobre esta materia en la Península Ibérica, como son los de Martínez-Sánchez (2003), Romera y cols. (2003), Saloña (2009), Marín Vega (2011), Arlandos (2014), entre otros.

Dentro de este escaso conocimiento en territorio nacional, únicamente cinco universidades se dedican a la investigación de la entomología forense: Universidad de Alcalá, Universidad de Alicante, Universidad de Cádiz, Universidad del País Vasco y Universidad de Murcia, siendo participantes activas en la colaboración con distintos organismos como el Instituto Anatómico Forense y Laboratorio Forense para la Vida Salvaje, en la resolución de crímenes mediante el uso de la entomología forense (Castelló y cols., 2014).

6.2 Intervalo post-mortem

Uno de los principales objetivos de la entomología forense es averiguar el intervalo post-mortem, es decir, el intervalo de tiempo que ha transcurrido desde la muerte del individuo/animal hasta el momento en el que se ha encontrado el cadáver, para conocer con mayor precisión cuando se produjo la muerte.

La metodología empleada para el cálculo de dicho intervalo variará en función del estado en el que se encuentre el cadáver, de forma que, en un cadáver que no se encuentre aún en estado de putrefacción, será estimado en base a los fenómenos cadavéricos, tales como la temperatura del cadáver, el rigor mortis, las livideces o la presencia de enfisema, entre otros (Magaña, 2015). Sin embargo, si el cadáver se encuentra en estado avanzado de putrefacción, habrá diversa fauna entomológica que se verá atraída (García y cols., 2009), debiendo ser tenida en cuenta la sucesión de especies de insectos recogidas en el cadáver, su estado de desarrollo y la temperatura de la escena del crimen.

Por ello, gracias a los conocimientos entomológicos, la identificación de las distintas especies y sus distintos estadíos de desarrollo, se podrá hacer una relación con la temperatura ambiental para aproximarnos así, a lo que sería el intervalo post-mortem.

No obstante, muchas veces conocer la temperatura de la escena del crimen no es tarea fácil, más aún si ha transcurrido mucho tiempo desde que se produjo la muerte. Por ello, en los casos en los que no se puede estimar de forma fiable la temperatura de la escena del crimen, se recurre a los datos que proporcionan las estaciones meteorológicas locales, aplicando posteriormente a esta temperatura un factor de corrección, basado en la estimación de la temperatura en el momento del crimen, mediante mediciones de temperatura cada media hora de 3 a 5 días posteriores al hallazgo del cadáver (Gennard, 2007).

El orden de llegada de la fauna cadavérica es también esencial, pues cada género o incluso especies se decantan por un estado de descomposición distinto del cadáver (Tabla 1), ayudando a la estimación según los insectos que haya en el cadáver en el momento de su descubrimiento. Primero llega la fauna necrófaga, que se alimenta directamente del cadáver, a continuación, los necrófilos, los cuales se alimentan de los necrófagos, más tarde los omnívoros, que se alimentan del cadáver y de la fauna asociada y por último los accidentales u oportunistas (Gil y cols., 2015).

En la Tabla 1 se encuentran, de forma resumida, las distintas familias de insectos que van colonizando un cadáver de forma cronológica a cómo van llegando.

Tabla 1: Orden de llegada de la entomofauna cadavérica. Fuente: Castelló y cols., 2014.

1ºLugar	2ºLugar	3ºLugar	4ºLugar
Calliphoridae **Muscidae** **Sarcophagidae**	**Histeridae** **Silphidae** **Staphilinidae**	**Phiophilidae**	**Dermestidae** **Cleridae**

Los califóridos (moscas de la familia Calliphoridae) son los primeros en llegar y ponen sus huevos en los orificios naturales del cadáver o heridas, mientras que los sarcófagos (moscas de la familia Sarcophagidae) ponen directamente larvas vivas, no huevos. Debemos saber que cuando las larvas se concentran en un foco o masa larval, aumentan la temperatura del cadáver en esa zona.

Estos datos deben ser tenidos en cuenta, junto con la situación en la que se encontró el cadáver, interior o exterior, debido a que los insectos tardan más en aparecer (aproximadamente 24h más) en aquellos cadáveres que es encuentran en interior, que en los que se encuentran en el exterior, no sólo por la barrera física que presentan las infraestructuras donde puedan ser hallados, sino por la diferencia de temperatura (Castelló y cols., 2014).

Debemos recordar que los insectos son animales de sangre fría, por lo que su crecimiento está influenciado por la temperatura. Por debajo de una temperatura límite su crecimiento cesa, y por encima de otra temperatura específica, su crecimiento también se reduce. Entre estos dos puntos, sin embargo, existe una relación lineal cuando el insecto es joven, entre el rango de crecimiento y la temperatura (Gennard, 2007). Este umbral de temperaturas no es igual para todas las especies, por ejemplo, la máxima temperatura de crecimiento de las larvas de *Calliphora* spp., era de 39 ºC y *Phormia* spp. 45 ºC (Gennard, 2007). Debemos tener en cuenta que estas temperaturas solo serán orientativas, debido a que, si no se acercan a las reales que hubo en el lugar del crimen, el desarrollo del insecto sería más lento (Gennard, 2007).

El rango de temperatura por debajo del cual no habrá crecimiento ni desarrollo del insecto es conocido como temperatura base, y varía no solo con la especie, sino también con la región geográfica. De esta manera, por ejemplo, Davis y Ratcliffe en 1994 demostraron que la temperatura límite en el norte de Inglaterra es de 3,5 ºC para *Calliphora vicina*, mientras que Marchenko en el 2001 trabajando en Rusia, registró una temperatura para la misma especie de 2 ºC. Por lo tanto, la zona geográfica es también un factor clave, no solo por lo expuesto anteriormente, sino que además puede señalar si el

cuerpo ha sido movido del lugar original de la muerte, ya que hay especies que están ligadas a ciertas regiones geográficas (Gennard, 2007).

La temperatura base se calcula en el laboratorio bajo condiciones experimentales, viendo la tasa de crecimiento a distintas temperaturas de los insectos. Debe ser obtenida de la temperatura a la que el insecto ha crecido, antes de multiplicarlo por el tiempo que ha consumido para pasar de huevo al estado adulto elegido. Como ejemplo, en la Tabla 2 se refleja la temperatura base de algunas de las especies de mosca más frecuentemente visualizadas en los cadáveres.

Todo el presupuesto energético que emplean los insectos para desarrollar su ciclo vital puede ser calculado, y es un dato comúnmente usado. Las unidades térmicas se conocen como días de grados (◦D), y pueden sumarse para reflejar periodos de desarrollo, en este caso se conocen como días de grados acumulados (ADD). Si el periodo es más corto y la duración de tiempo que se comenta es en horas, los valores térmicos serán en horas de grados acumulados (ADH).

Los métodos para trabajar estos datos (◦D o ◦H), abarcan desde el uso de medias, hasta el uso de transformaciones de temperatura como onda de seno, onda de coseno y cálculos de integrales.

La universidad de California apunta que puede haber variaciones en la precisión de los resultados según el método utilizado (Gennard, 2007).

Por simplificar, describiremos el método de las medias, ya que puede usarse para calcular la ADD o ADH en crímenes exteriores e interiores. Si la víctima/animal ha desaparecido hace menos de un mes, se usa ADH, por el contrario, si el animal o víctima ha desaparecido hace más de un mes se usaría ADD.

La hipótesis sobre la que se basa el crecimiento de insectos en ◦D es que, entre el límite superior e inferior de temperatura, la tasa de crecimiento y desarrollo del insecto tiene una relación lineal con el aumento de temperatura. Por lo tanto, el total de días/horas grados acumulados, refleja el tiempo consumido por el insecto para desarrollarse hasta el estado en el que se recogió en el cuerpo. Basándonos en esta relación, el ADH o ADD pueden ser definidos por una fórmula:

Tiempo (horas) x (temperatura-temperatura base) = ADH.

Tiempo (días) x (temperatura-temperatura base) = ADD.

Tabla 2: Temperatura base de algunas especies de moscas de interés forense. Fuente: Gennard, 2007.

ESPECIES	TEMPERATURA BASE (ºC)
Calliphora vicina	2
Calliphora vomitoria	3
Protophormia terraenovae	7,8
Lucilia sericata	9
Chrysomya albiceps	10,2
Phormia regina	11,4
Muscina stabulans	7,2

6.2.1 Fuentes de error

Es importante tener en cuenta varios factores cuando calculamos el intervalo post-mortem, uno de ellos es considerar la temperatura de la masa de larvas como la temperatura de desarrollo. Si la temperatura de esta masa de larvas es mayor que la del ambiente, se debe usar en los cálculos.

Si existen pupas en el cuerpo o en la escena del crimen, debemos usar la temperatura del suelo a 5, 10 o 20 cm para ajustar la temperatura del aire y así reflejar el tiempo que ha estado el insecto en pupación (Gennard, 2007).

No podemos olvidar la diapausa, periodo en el cual el insecto retrasa o suspende su crecimiento por no encontrar las condiciones óptimas para ello, como pueden ser malas condiciones climáticas (Ames y Turner 2003).

Otro factor que tener en cuenta con respecto a los insectos y los errores al estimar su velocidad de desarrollo, es la presencia o no de “ropa” o textiles en el cadáver. Si un cuerpo está cubierto de algún tipo de ropa o material textil, este actuará en primera instancia como un obstáculo para los insectos a la hora de colonizar el cadáver pero, por otro lado, favorecerá la humedad y el mantenimiento del calor, por último, una vez que el cuerpo haya sido conquistado por los insectos, la ropa actuará de barrera protectora frente al medio o incluso a predadores (Castelló y cols., 2014).

Existe también la posibilidad de que los insectos de forma indirecta retengan ADN humano del entorno que frecuentan, solo por estar en contacto con restos biológicos de las personas que han estado ahí. Esto fue corroborado por Karen y cols. (2010) en un

experimento en el que se soltaron grillos, cucarachas y moscas en diferentes escenarios con mayor o menor presencia de personas (desde un laboratorio hasta un aula), para posteriormente capturarlos de nuevo y examinar si tenían ADN humano tanto nuclear como mitocondrial. Debido a que se demostró la veracidad de esta hipótesis, los autores advierten de la posibilidad de error en las investigaciones por este fenómeno, por una contaminación previa.

Otra causa a tener en cuenta es la presencia de tóxicos, drogas u fármacos que puede alterar la velocidad de desarrollo normal de los insectos, de forma que la presencia de tóxicos retarda el tamaño larval y el tiempo de crecimiento, mientras que la cocaína acelera su desarrollo (Castelló y cols., 2014).

6.2.2 Depredadores que se alimentan de los insectos que infestan el cadáver

Cuanto más tiempo pase un cadáver sin ser descubierto, más oportunidades tendrán otros insectos como las hormigas o avispas, de alimentarse de artrópodos que se alimentan directamente del cuerpo. Esto produce fallos de precisión a la hora de calcular el tiempo transcurrido desde la muerte. Por ejemplo, las hormigas pueden acopiarse de los huevos de las moscas en un cadáver, y, por lo tanto, el número de individuos de la siguiente generación de colonizadores se verá reducido, así como de algunos escarabajos que se alimentan de larvas o adultos.

Los hábitos de alimentación, es decir, si son nocturnos o diurnos, también influyen, como del estado del insecto en el que se alimentan, pudiendo producir todo ello la alteración en la secuencia de sucesión de los insectos (Gennard, 2007).

6.2.3 Uso del crecimiento larval para el cálculo de IPM

Cuando el cuerpo se descubre en un lugar controlado, o en un sitio de interior donde la temperatura no ha variado, la relación que existe entre la temperatura y el crecimiento del insecto es “proporcional”. En estas circunstancias, la longitud de la larva cuando se mata en agua hirviendo puede ser relacionada con el tiempo transcurrido desde la eclosión de la larva, hasta el momento en el que ha sido recogida del cuerpo (Gennard, 2007).

6.2.4 Recogida y gestión de muestras

Cada vez son más los autores que hacen hincapié en la importancia de un buen muestreo, y una buena gestión de los artrópodos recogidos, como parte fundamental para el éxito de la investigación y, sobre todo, para poder realizar un informe fiable en procesos judiciales hacia esclarecer el intervalo post mortem (Gil y cols., 2015). Por ello, los artrópodos deben ser considerados como prueba de gran relevancia durante la investigación, al igual que las huellas dactilares, pelos, fibras o muchos otros materiales biológicos. En muchas ocasiones habrá especímenes muy delicados o frágiles, por lo que se aconseja su recolección con la mano en lugar de pinzas (Magaña y Prieto, 2009). Una vez estén todas las pruebas recolectadas, éstas deben ser procesadas, registradas y almacenadas de forma controlada y minuciosa.

Debido a la posibilidad de que ciertos insectos abandonen el cadáver, se recomienda tomar muestras no únicamente del cadáver y su entorno más inmediato, sino también de los alrededores (Castelló y cols., 2014). Además, la identificación de los artrópodos involucrados en la descomposición de un cadáver se realiza en muchas ocasiones por métodos moleculares, basados en su ADN mitocondrial o nuclear. Dichos métodos consisten en la extracción del ADN, ampliando la secuencia de interés y procesando los datos para compararlo con las bases de datos existentes y buscar homologías (Gil y cols., 2015). Pero para que estas determinaciones sean fiables, los artrópodos deben ser conservados de forma adecuada. En el caso de que los individuos recolectados, adultos e inmaduros, estén muertos, deberán ser preservados en etanol (70 % adultos, 80 % estadios inmaduros), pues otras sustancias químicas pueden dañar tejidos o el propio ADN. Todos los insectos de los que se quiera extraer ADN deberían ser capturados vivos y sacrificados por congelación rápidamente a una temperatura de -20 ºC (Gil y cols., 2014).

Al principio, la identificación de las especies de artrópodos se efectuaba mediante técnicas morfológicas tradicionales, sin embargo, en la actualidad, esta identificación puede llevarse a cabo a través de técnicas moleculares. Una vez extraído el ADN, podemos procesarlo y analizarlo por diversos métodos como el Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), ADN mitocondrial y polimorfismo de la longitud del fragmento de restricción (RFLP). No obstante, cada vez van surgiendo tecnologías novedosas para un precoz genotipado y búsqueda de mutaciones (Gil y cols., 2015).

En este apartado, puede existir un problema de contaminación para extraer y analizar ADN de la cabeza, tórax o de alguna sección particular de la larva, esto hace que surja la

necesidad de guardar alguna parte de su cuerpo. Siempre que sea posible, se debe intentar usar aquella etapa post alimentación, o se debe privar de comida a las larvas para que sus intestinos estén vacíos de alimento, previniendo la contaminación por ADN (Gennard, 2007).

6.3 Identificación de moscas importantes en la entomología forense en España

Las moscas tienen el cuerpo protegido y cubierto por un exoesqueleto, y dividido en tres porciones: cabeza, tórax y abdomen.

La **cabeza** posee *antenas* de distinta longitud, según los artejos que posea, generalmente entre 3 y 16 según la especie, existiendo una gran variedad de formas y tamaños muy útiles desde el punto de vista de la identificación (Figura 9). Son órganos sensoriales que reciben y procesan información química y mecánica del medio. Los *ojos* son compuestos y suponen casi la totalidad de la cabeza. El *aparato bucal* dependerá de su hábito alimenticio, generalmente es chupador, pero puede ser picador o incluso masticador. Los *ocelos* son tres, aunque pueden aparecer reducidos o ausentes, generalmente dispuestos en triángulos (Oosterbroek, 2006).

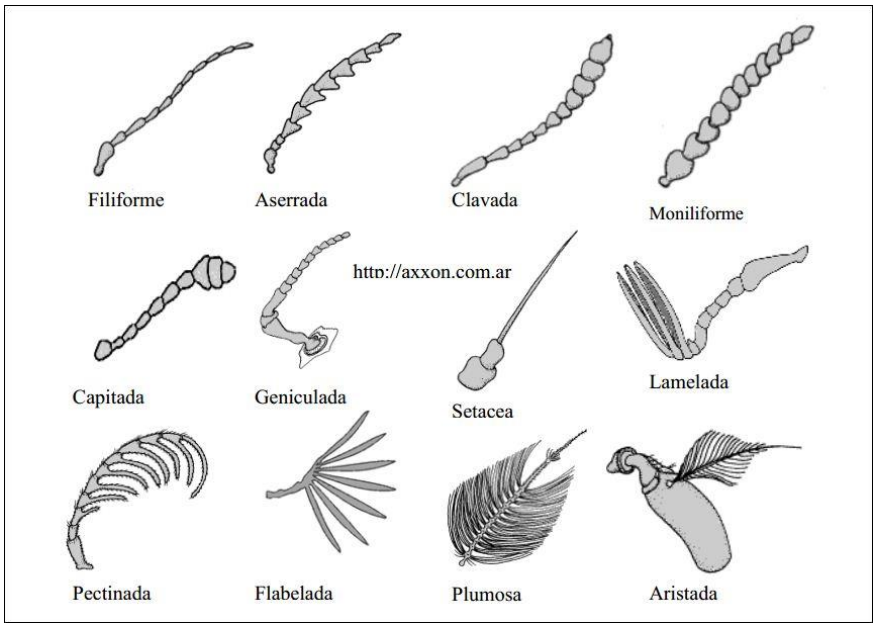

Figura 9: Tipos de antenas. Fuente: protectoresdelosinsectos.blogspot.com

El **tórax** está subdividido en protórax, mesotórax y metatórax, cada uno con un par de patas. De ellos, la parte más desarrollada es el mesotórax, siendo esta la más visible y grande, su parte dorsal es conocida como *mesonotum* o mesonoto, donde encontramos el

único par de alas membranosas, responsable del nombre de dípteros (dos alas), aunque también pueden estar ausentes o reducidas, poseen distintas características que sirven para su identificación, como son las venas longitudinales y las celdas. Los *halterios* o balancines, de los que poseen un par, son un par de alas que por un proceso de transformación han pasado a ser un órgano en forma de cerilla encargado de la estabilización durante el vuelo. Cuentan con tres pares de *patas* segmentadas y articuladas con cinco partes: coxa, trocánter, fémur, tibia y tarso. En el tórax también encontramos los espiráculos, que son orificios respiratorios.

El **abdomen** está segmentado y dependiendo de la especie presentará más o menos segmentos. La reducción del número de segmentos es sinónimo de evolución (Abello y cols., 2004).

Uno de los órdenes principales de insectos en entomología forense es el Orden Díptera o “moscas verdaderas de dos alas”.

6.3.1 Clasificación

Las moscas pertenecen a la Clase Insecta, y dentro de ésta al Orden Diptera, subdividido a su vez en distintos subórdenes.

El primero de estos subórdenes es el *Nematocera*. A este suborden pertenece los "mosquitos" y lo podemos identificar por la presencia de un cuerpo delgado, largo y presencia de venación compleja en las alas. La larva destaca por desarrollar en la cabeza piezas bucales mordedoras dispuestas en forma horizontal, y la pupa no está encerrada, por lo que las estructuras morfológicas, como las yemas de las alas son visibles.

El segundo suborden corresponde a los *Brachycera*, que son dípteros mucho más robustos que los anteriores, conocidos como moscas verdaderas o moscas grandes (Figura 10). Cuenta con algunas características diferenciables, siendo la más destacable la reducción de los segmentos de sus antenas, una venación menos compleja que el suborden anterior y una crisálida que crece en el interior de la pupa, formada por los restos endurecidos de pelaje del último estadio larval. Un ejemplo de este suborden serían los tábanos (Figura 11). Este grupo a la vez se subdivide en Muscomorpha Aschiza, Muscomorpha Schizophora Acalyptratae y Calyptratae (Gennard, 2007).

Figura 10: *Lucilia sericata*. Fuente: pixabay.com

Figura 11: Tábano. Fuente: http://animalandia.educa.madrid.org

6.3.1.1 Familias de moscas importantes en entomología forense

En este apartado nos adentraremos en las familias más importantes desde el punto de vista de la entomología forense, que variarán según la localización, pero centrándonos en aquellas de mayor relevancia en España. Los dípteros sarcosacrófagos en el centro peninsular están conformados por las familias Calliphoridae 41,9 %, Muscidae 35,1 %, Heleomyzidae 8,4 %, Sarcofagidae 6,9 % y por último Piophilidae 5,1 % (Martin y Baz, 2013). En la mayoría de las familias y especies, la hembra siempre está presente en mayor densidad que el macho, debido a su mayor capacidad olfativa, que le hace detectar de

forma más rápida y eficaz la carroña debido al alto contenido proteico que necesita para el desarrollo embrionario, que le hace llegar casi de inmediato al cuerpo sin vida (Szpila y cols., 2015). Las familias más frecuentes e importantes son:

6.3.1.1.1 Calliphoridae

Los miembros de esta familia son importantes no solamente por su aportación a la entomología forense, sino también por su uso en medicina humana (terapia con larvas) y por ser importantes en plagas que afecta a la agricultura e incluso a la ganadería (Scott y cols., 2014). Está ampliamente distribuida y podemos observar su presencia colonizando cuerpos en toda Europa, incluido UK (Gennard, 2007). La poca relación negativa que existe entre las distintas especies sugiere que no existe competencia entre ellas, aunque esto puede deberse también a que haya coincidencia espacio temporal, con presencia de abundantes recursos, haciendo que no emerja esta competitividad (Ren, 2018). Son las primeras en aparecer en el cadáver y gracias a la gran capacidad devoradora de sus larvas, destruyen fácilmente la superficie de los tejidos, facilitando la entrada a otras especies que colonizan a niveles más profundos (Piera). Dentro de esta familia, podemos encontrar las siguientes especies de mayor interés:

- *Calliphora vicina*

Es una mosca grande (Figura 12 y 13), con el espiráculo torácico frontal naranja, cabeza negra en la parte superior y la mitad frontal de la mejilla color naranja-rojizo. La parte baja de la cabeza es negra también, presentando pelos negros en la papada (región suborbital, vista ángulo lateral). El tórax es negro y de color grisáceo brillante, contando además con un par de cerdas fuertes en una fila situadas en el centro. El abdomen es azulado con efecto de tablero plateado (Gennard, 2007).

Se encuentra con mayor frecuencia en zonas urbanas, aunque también en zonas rurales (Velásquez y cols., 2015). Está relacionada con miasis tanto a humanos como a animales domésticos, por lo que es muy frecuente encontrarla en casas o zonas con acumulación de materia orgánica, como vertederos (Velásquez y cols., 2015). Es la primera especie que aparece para colonizar cuerpos durante el invierno (Moneo y Saloñas., 2007).

Figura 12: *Calliphora vicina.* Fuente: Unidad de Parasitología, Facultad de Veterinaria (UEX)

Figura 13: *Calliphora vicina*. Fuente: www.nku.edu/~dahlem/ForensicFlyKey/species.htm

- *Calliphora vomitoria*

Al igual que la anterior presenta un buen tamaño y color azulado, sin embargo, su esperanza de vida es mayor (Figura 14). El color de los pelos de su papada y su basicosta son de gran ayuda para identificarla, los pelos en la región base de la papada y alrededores de la boca son naranjas (Figura 15). El espiráculo de la región frontal del tórax (anterior) es marrón y sus espiráculos son de mayor tamaño que en *C. vicina*, estando separados por una longitud inferior al diámetro de un espiráculo (Gennard, 2007). Presentan además el abdomen peludo (Piera).

Otra diferencia con *C. vicinia* es que *C. vomitoria*, se decanta por los ambientes rurales (Velásquez y cols., 2015) y climas más fríos, encontrándola en el norte peninsular durante todo el año básicamente, aunque en el suroeste predomina durante el invierno y está ausente en verano (Arnaldos y cols., 2005; Velásquez y cols., 2015). Es una especie miasica facultativa de hombres y animales domésticos (Velásquez y cols., 2015).

Figura 14: *Calliphora vomitoria.* Fuente: Unidad de Parasitología, Facultad de Veterinaria (UEX)

Figura 15: *Calliphora vomitoria.* Fuente: Unidad de Parasitología, Facultad de Veterinaria (UEX)

- *Lucilia sericata*

Esta mosca tiene un color verde metálico (Figura 16). Las especies de *Lucilia* se distinguen de otras moscas por tener una cresta justo encima de la escama (la aleta del ala posterior que tiene mechones de pelo). Otra característica diferencial es la coloración amarilla de su basicosta. Su larva se distingue de la de *Calliphora* spp. en que el esclerito oral en la cabeza es transparente y parece estar ausente en las larvas de *L. sericata*. En sus larvas las protrusiones en el borde exterior del último segmento se llaman tubérculos. Si la distancia entre los dos tubérculos internos es la misma que la distancia entre el tubérculo interno y el tubérculo mediano, la especie se puede identificar como *L. sericata.* En el tercer estadio larval, tanto *Calliphora* spp. como *L. sericata* tienen alrededor del espiráculo posterior un círculo con pelo.

Se encuentra básicamente distribuida por toda la península, con mayor actividad durante el verano. Al ser miasica facultativa de hombres y animales domésticos, podemos encontrarla fácilmente en el interior de las casas, siendo una mosca de hábitats urbanos (Velásquez y cols., 2015).

Figura 16: *Lucilia sericata.* Fuente: Unidad de Parasitología, Facultad de Veterinaria (UEX)

- *Lucilia caesar*

Esta especie presenta también una tonalidad verde metálica similar a la anterior (Figura 17). Posee la basicosta de color negro-marronáceo, como uno de sus caracteres distintivos. En el caso de los machos, los lados del segundo segmento abdominal carecen de cerdas (al mirar dorsalmente a la mosca) y poseen el aparato genital masculino con proyección recta (Gennard, 2007).

Al contrario que *L. sericata*, *L. caesar* tiene predilección por los hábitats rurales, siendo responsable de miasis en mamíferos (Velásquez y cols., 2015). Es posible hallarla en flores olorosas, estiércol y cadáveres, los pájaros y murciélagos son sus enemigos naturales, deprimiendo de manera importante el número de éstas (Piera). En el norte y centro de la península podemos encontrarla en primavera, verano y otoño (Martínez-Sánchez y cols., 2000) presentando su pico de máxima actividad en los periodos estivales. Es la primera especie en hacer la ovoposición en primavera y verano, mientras que se halla totalmente ausente durante el invierno (Moneo y cols., 2007).

Figura 17: *Lucilia caesar.* Fuente: Unidad de Parasitología, Facultad de Veterinaria (UEX)

- *Protophormia terraenovae*

Esta especie mide apenas 8mm-12mm de largo. Consta de un abdomen verde-azulado, patas negras y calíptero oscuro con pelos negros (Gennard, 2007) (Figura 18). Las larvas poseen las típicas papilas anales con una mezcla de espinas monocupidas, bicupidas y multicupidas (Velásquez y cols., 2010; Martínez-Sánchez, 2015).

Está generalmente descrita en centro y norte de Europa y rara vez se ven en el mediterráneo. Se han reportado escasos ejemplares en España y por ejemplo en Madrid se detectó por primera vez en una autopista en 2015 (Martínez-Sánchez, 2015). Es relativamente frecuente en hábitats montañosos de la península. Blanco en 2017 detectó su presencia en varios puntos de Extremadura. Podríamos hablar de especie importada comercialmente, debido a que está disponible como asticot (cebo vivo) para la pesca. Debido a su abundancia durante los meses fríos en diversos países, es normal encontrarla junto a *C. vicina* (Martínez-Sánchez, 2015).

Figura 18: *Protophormia terraenovae*. Fuente: Unidad de Parasitología, Facultad de Veterinaria (UEX)

- *Chrysomya albiceps*

Es la tercera especie que suele colonizar el cadáver, de color amarillento con reflejos verdes, con el abdomen atravesado de bandas oscuras y patas negras (Figura 19).

Se encuentra en ambos hábitats, tanto urbanos como rurales (Velásquez y cols., 2015). Sus larvas maduras se alimentan de larvas de otros califóridos, por lo que son predadoras. Sin embargo, sus larvas no maduras son causantes en vertebrados de miasis facultativas (Velásquez y cols., 2015). Podemos encontrarlas en la península en distintas estaciones dependiendo de la localización, de modo que, en el norte podremos detectarlas en otoño, primavera y verano, al igual que en el centro-norte, sin embargo, en el sur, su presencia será durante todo el año (Velásquez y cols., 2015).

Figura 19: *Chrysomya albiceps.* Fuente: http://www.diptera.info/forum/attachments/chrysomya_albiceps_parece_padul82.jpg

6.3.1.1.2 Sarcophagidae

Conocidas como moscas de la carne, presentan un gran tamaño y color grisáceo, tienen un abdomen en “tablero de ajedrez” de color gris plateado y en el tórax presentan tres bandas. Las larvas sarcófagas se caracterizan por tener forma de barril, con los espiráculos posteriores hundidos en una especie de hendidura y el borde del segmento opuesto tiene una gran cantidad de tubérculos (Gennard, 2007).

A pesar de ser muy importantes para la entomología forense, su utilización está obstaculizada por la falta de conocimientos taxonómicos, biológicos y ecológicos sobre ellas, aunque en la actualidad esto está siendo revertido mediante el uso de métodos moleculares para identificar estas especies (Gennard, 2007). Una de sus características distintivas de otras moscas es que deposita directamente las larvas, no los huevos, sobre el cuerpo sin vida (Ren, 2018), apareciendo los primeros estadios larvales hallados en el cuerpo sobre los días 2-4 tras la exposición del cadáver (Szpila y cols., 2015). Las especies más representativas son:

- *Sarcophaga argyrostoma*

Es importante desde el punto de vista forense debido a que es el primer sarcófago en llegar al cuerpo. Aunque en algunos países se ha asociado a miasis, en España no se ha reportado ningún caso (Velásquez y cols., 2015). Posee el tórax con rayas a modo de paso de cebra, y unos ojos de buen tamaño anaranjados (Figura 20).

Es muy fácil hallarla frecuentando los cuerpos durante los meses de verano, ya que se desarrolla a temperaturas altas (Martín y Baz, 2013).

Figura 20: *Sarcophaga argyrostoma* Fuente: Macello Consolo, www.flickr.com

- *Sarcophaga africa*

Como la anterior, se ha asociado a miasis, concretamente en Sudáfrica, sin embargo, en España no se conoce aún ningún caso patógeno, aunque sí se han visto ejemplares en distintos lugares (Tolrá, 2006; Velásquez y cols., 2015). Esta mosca es muy parecida a la anterior, con los ojos más globosos (Figura 21). Se suele hallar exclusivamente durante los meses de verano, pero en países más cálidos estará presente durante todo el año, a excepción del invierno y presentando su pico máximo en verano (Martín-Sánchez, 2003; Velásquez y cols., 2015).

Figura 21: *Sarcophaga africa*. H.Maleysson.
Fuente: http://aramel.free.fr/INSECTES15-50'.shtml

- *Sarcophaga teretirostris*

Se conoce más bien poco sobre su biología, su larva se desarrolla en los cadáveres de animales, incluidos los gasterópodos (Velásquez y cols., 2015). Aparentemente es muy similar a las anteriores, aunque sus ojos son más compactos y rojos, y algo menor en tamaño (Figura 22).

Figura 22: *Sarcophaga teretirostris*. Fuente: Janet Graham, www.flickr.com

- *Sarcophaga tibialis*

Es la especie más abundante en el sur del país, excepto con un clima frío, es decir, en invierno, donde se encuentran ausentes (Romera y cols., 2003; Martínez-Sánchez. 2003; Velásquez y cols., 2015). Posee un abdomen fino y numerosas cerdas (Figura 23). Se desconoce aún su relación con cadáveres humanos, aunque se sabe que sus larvas tienen carácter necrófago y en otros países, si está relacionada con la miasis (Velásquez y cols., 2015).

Figura 23: *Sarcophaga tibialis.* Fuente: http://sarcophagidae.myspecies.info/taxonomy/term/2403

- *Sarcophaga variegata*

Es una mosca de gran tamaño, de color grisáceo a negro, nunca brillante (Figura 24). Tiene dos ojos rojos muy característicos y celdas en el abdomen. Podemos hallarla sobre todo en hábitats urbanos (Fremdt y Amendt 2015), aunque también en rurales, es bastante común, siendo de las especies dominantes. Algunos autores la han confundido con *Sarcophaga carnaria*, debido a que son también dominantes y parecidas, tanto

morfológicamente como en comportamiento. Es fácil detectarla en piedras, basuras y en casas (Tolrá, 2006). Su presencia está algo restringida estacionalmente hablando, siendo mayoritariamente frecuente en primavera e invierno (Martín y Baz, 2013).

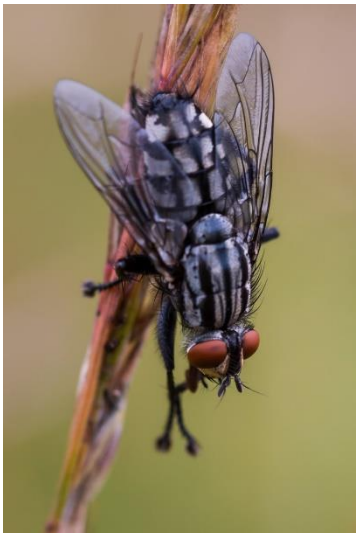

Figura 24: *Sarcophaga variegata*. Fuente: S-bug. www.sbug.devianart.com

6.3.1.1.3 Piophilidae

Son moscas pequeñas y negras brillantes. Una de las especies más destacables es *Piophila casei,* la cual es una plaga en alimentos como el queso. A pesar de ser un grupo de reducido tamaño, están ampliamente distribuidas por el mundo, con mayor intensidad en las zonas frías. Dentro de esta familia existe una subfamilia, que es considerada aparte por algunos autores, Neottiphilidae, que parece sentirse atraída por los estadios finales de descomposición de los cuerpos; sienten atracción por las industrias alimenticias, donde actúa como una importante plaga (Martín, 2011)

- *Piophila casei*

Es una especie que se encuentra en el cadáver, al final de la descomposición activa y al inicio de las etapas secas. Tiene un color amarillento en sus patas, antena y cara (Figura 25). El comportamiento de sus larvas hace fácil su identificación ya que si las molestas, se doblan de tal manera que son capaces de agarrar dos papilas pequeñas en su segmento posterior usando sus ganchos bucales. Tras adquirir esta posición y sin previo aviso, se liberan de las papilas y saltan hasta un máximo de 15 cm al aire (Gennard, 2007).

Figura 25: *Piophila casei*. Fuente: Sarah Gregg. www.flickr.com

6.3.1.1.4 Muscidae

Son moscas grisáceas caracterizadas por la presencia en su tórax de rayas y la no presencia de cerdas hipopleurales (Gennard, 2007). Esta familia es muy cosmopolita, por lo que está altamente distribuida. Presentan un elevado número de generaciones por año y practican la hibernación. A pesar de ser muy numerosas, tienen predadores naturales que pueden llegar a reducir mucho su población (Piera).

- *Musca domestica*

Esta especie conocida como mosca doméstica, está ampliamente distribuida, pudiendo localizarla en casi cualquier hábitat. Suele visitar el cuerpo pronto tras la muerte, atraída por algún exudado más que por el cuerpo en sí. Se caracteriza por cuatro rayas oscuras en el tórax y un abdomen grisáceo (Figura 26) o amarillento (Gennard, 2007).

Presentan una gran prolificidad y actividad reproductora, por lo que pueden llegar a tener hasta 5 generaciones en un año. Al finalizar la hibernación aparecen en primavera.

Se alimentan de alimentos con alto contenido en azúcar, además de materia en descomposición (Piera).

Figura 26: *Musca domestica*. Fuente: Jordi Badia, www.ichn.iec.cat

- *Synthesiomyia nudiseta*

Es una especie muy parecida a la mosca doméstica (Figura 27). Comenzó a detectarse con mayor frecuencia de forma aislada en las Islas Canarias, islotes cercanos a Alicante y cada vez es más frecuente en nuestro país, sobre todo en carreteras del sur de la Península. La alimentación de las larvas abarca una gran variedad que va desde vegetales, hasta heces, aunque sienten preferencia por la carne en descomposición. Es relativamente conocida su capacidad para colonizar cuerpos en interiores de casas o edificios, estando ausente en hábitats rurales (Ivorra, 2015).

Figura 27: *Synthesiomyia nudiseta*. Fuente: Giovanni Mayer https://diptera.info/photogallery.php?photo_id=494

6.3.1.2 Familias de escarabajos importantes para la entomología forense

Los escarabajos pertenecen al orden Coleóptera, y cuentan con el mayor número de especies de la clase Insecta (Piera). Estos insectos son holometábolos, caracterizándose por su morfología, cuyo cuerpo está formado por cabeza, tórax y abdomen.

En la **cabeza** localizamos el *aparato bucal* mordedor (mandíbulas), un par de *antenas* que además de variar en longitud y forma como en los dípteros, siendo útiles para su identificación (Gennard, 2007), poseen receptores sensoriales que ayudan a que se relacionen con el medio, entre ellos quimiorreceptores, mecanorreceptores, auditivos, de humedad y temperatura y fotorreceptores (Piera). La cabeza puede proyectarse de distinta manera:

- Horizontal → cabeza prognata.
- Hacia abajo →cabeza hipognata.

El **tórax** suele estar dividido en tres segmentos, pero en el caso de estos insectos esta fusionado, formando uno solo. En el **abdomen** encontramos las *alas*, un par membranosa, encargadas del vuelo y otras endurecidas, conocidas como élitros, que protegen a las anteriores. Por su parte, el **exoesqueleto** está formado por placas endurecidas denominadas en su superficie dorsal *tergitos*, y la ventral *esternitos*. En lo referente a las **patas**, constan de tres pares, posicionadas en el esternón, estando en algunos casos como el de la familia Scarabaeidae, adaptadas a excavar (Gennard, 2007).

Las especies de relevancia en la entomología forense pertenecen al suborden Polyphaga y dentro de este orden a las familias Cléridos, Derméstidos, Estafilinos, Sílfidos, Histéridos y Nitidulidos, principalmente.

Los coleópteros necrófagos son difíciles de observar, debido a que tienen en su mayoría hábitos nocturnos, salen cuando cae la luz a buscar cadáveres animales, pero no son los primeros en colonizar el cuerpo (Piera) (Tabla 3).

Tabla 3: Orden de llegada de la entomofauna cadavérica. Fuente: Piera

Dípteros	**Callifóridos**
	Muscidos
	Sarcofrágidos
Coleópteros	Estafilinidos
	Histéridos
	Sílfidos
	Derméstidos
	Escarabeidos
	Cléridos

6.3.1.2.1 Silphidae “escarabajos carroñeros”

Estos escarabajos poseen una cabeza relativamente pequeña en relación al tórax y además, sus antenas se van haciendo progresivamente más densas conforme llegan al final, insertándose espaciadas la una de la otra (Gennard, 2007).

Son los que mayor implicación tienen en la destrucción del cadáver, puesto que excavan galerías bajo el mismo, sepultándolo a cámaras subterráneas (Galván, 2013). Dejan las plumas y pelos aparte en otra cámara que usarán para la puesta de huevos, de esta forma evitan la predación y la competencia (Piera). Por este motivo, es importante

cuando se encuentran sobre el cadáver, corroborar que no ha desplazado demasiadas partes del cuerpo. Es posible que debido a este comportamiento sea más difícil de hallar en ambientes urbanos (Dekeirsschieter, 2011)

Una de las características identificadoras de esta familia es la presencia de segmentos endurecidos que protruyen en el élitro (Gennard, 2007). Son de color oscuro negro- gris, presentando manchas de distintas tonalidades de amarillo y rojo, según la especie (Galván, 2013).

- *Nicrophorus humator*: Los ejemplares de esta especie tienen una coloración negra mate (Figura 28) (Gennard, 2007). Los encontramos en carroña y en su caso, entierran cadáveres de animales pequeños (Piera).

Figura 28: *Nicrophorus humator*. Fuente: Wikipedia

- *Necrodes littoralis*: Destacan sus ojos grandes y a diferencia de la especie anterior (Figura 29) podemos encontrarla en cadáveres de animales de mayor tamaño (Piera).

Figura 29: *Necrodes littoralis.* Fuente: Wikipedia

6.3.1.2.2 Staphylinidae "escarabajo vagabundo"

Son escarabajos fáciles de identificar en su proyección dorsal, ya que su élitro es tan corto que expone segmentos abdominales que protruyen, pudiendo presentar colores negros, metálicos o rojizos (Galván, 2013). Algunas especies pueden rizar su último par de estos segmentos, dándoles un aspecto más similar a un escorpión (Gennard, 2007). A pesar de ser una familia con un élitro corto, poseen fuertes alas que les hacen buenos voladores (Piera). Son escarabajos predadores, por lo que se sienten atraídos por las larvas que se alimentan de los cuerpos en descomposición (Gennard, 2007), llegando al cadáver dos días después de la muerte (Galván, 2013).

- *Philonthus politus*: Esta especie es fácil de identificar debido a que presenta una hilera de puntos a cada lado del pronoto (Figura 30). Podemos encontrarla tanto en materia en descomposición vegetal como animal (Piera).

Figura 30: *Philontus politus*. Fuentes: www.naturespot.org.uk

- *Creophius maxillosus*: El característico dibujo blanco-negro que presenta en el pronoto hace muy fácil su identificación (Figura 31), que puede ser producida por pelos o por coloración. Es raro encontrarlo en materia en descomposición que no sea de origen animal (Piera).

Figura 31: *Creophilus maxillosus*. Fuente: Universidad de Florida.

- *Aleochara curtula*: Lo característico de esta especie es que sus larvas son parásitas de pupas de moscas. Los adultos son negros-marrón oscuro con decoloración marrón en el tórax (Figura 32). Podemos encontrarla en materia en descomposición tanto animal como vegetal (Piera).

Figura 32: *Aleochara curtula*. Fuente: www.thewcg.org.uk

6.3.1.2.3 Histeridae "escarabajos payasos"

Estos escarabajos son pequeños, brillantes y oscuros, con un exoesqueleto oval y duro, a veces pueden tener textura similar al cuero y presentar también manchas rojas en el élitro (Galván, 2013). La característica principal para identificar a esta familia es el corte cuadrado de los extremos de los élitros que deja a la luz los dos últimos segmentos abdominales (Gennard, 2007). Las puntas de las antenas están engrosadas a modo de borlón. Las larvas se alimentan de larvas de otros insectos, y tanto larvas como adultos pueden encontrarse en carroña y estiércol de caballo y vaca (Piera). Los adultos cambian su posición resguardando la cabeza y estirando las patas para parecer muertos cuando se

les molesta. Este comportamiento lo comparten más familias y es conocido como tanatosis (Gennard, 2007). Poseen hábitos nocturnos muy marcados (Itsasoga, 2015).

- *Onthophilus striatus*: Esta especie posee marcadas estrías en el élitro (Figura 33) y viven en materia en descomposición vegetal y animal (Piera).

Figura 33: *Onthophilus striatus*. Fuente: Wikimedia commons.

- *Hister cadaverinus*: Este escarabajo presenta una coloración negra brillante y el élitro estriado y punteado (Figura 34), y puede aparecer tanto en materia en descomposición animal como vegetal e incluso hongos, aunque lo más frecuente es hallarlos en carroña (Piera).

Figura 34: *Hister cadaverinus.* Fuente: г. Калининград, зоопарк, www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/alexeew3.htm

- *Hister quadrimaculatus*: Su identificación se hace más fácil debido a las manchas rojizas que tiene a ambos lados del élitro (Figura 35). A diferencia de la especie anterior, ésta solamente puede ser hallada en carroña o materia en descomposición de origen animal, pero a menos altura (Piera).

Figura 35: *Hister quadrimaculatus*. Fuente: João Coelho, www.flickr.com

6.3.1.2.4 Dermestidae "escarabajos de cuero/alfombra/despensa"

Estos escarabajos tienen una forma oval-alargada, con variación de tamaños. Sus antenas terminan en forma de "maza" formada por 2 ó 3 segmentos y presentando una tonalidad negra (Piera). Una de las características destacables de los adultos del género *Dermestes* es que carecen de ocelo en la cabeza y tienen la habilidad de resguardar todos sus apéndices hacia dentro de forma que nada protruya (Gennard, 2007).

Los escarabajos pertenecientes al género ya citado son importantes desde el punto de vista de plagas (Itsasoga, 2015), puesto que podemos encontrarlos en despensas y carroña, y debido a su rapidez y facilidad para alimentarse de las microfibras musculares más adheridas al hueso se usan para limpiar esqueletos (Piera). Con la aparición del ácido butírico aparecen los primeros coleópteros, aproximadamente al mes de la aparición del cadáver (Magaña, 2001). En el caso de los adultos, hay que tener cuidados durante el muestreo y la recolección, debido a que presentan carácter carnívoro intraespecie (Rodas, 2016) y las larvas son reconocibles debido a las sedas que las recubren (Itsasoga, 2015).

- *Dermestes lardarius*: Esta especie es negra y de forma oval con franja grisácea característica en la parte anterior del élitro (Figura 36) (Gennard, 2007).

Figura 36: *Dermatestes lardarius*. Fuente: Wikipedia

- *Attagenus pellio*: Parecido a *D. lardarius* pero carece de franja grisácea (Figura 37) (Piera).

Figura 37: *Attagenus pellilu.* Fuente: Wikipedia

- *Dermestes maculatus*: Sus larvas presentan numerosos pelos de distinta longitud a lo largos del cuerpo (Gennard, 2007). En el adulto, que tiene forma ovalada, es fácil visualizar vellosidades (Figura 38).

Figura 38: *Dermatestes maculatus.* Fuente: Udo Schmidt, www.flickr.com

6.3.1.2.5 Cleridae "escarabajos cuadriculados"

Los adultos de esta familia son reconocibles debido a que aparentemente presentan un "cuello", que no es más que la diferencia de tamaño que hay entre el primer segmento del tórax, pronoto, y el élitro. Además, poseen llamativos colores en alguna parte de su cuerpo y pueden llegar a ser peludos. Son especies predadores de larvas de moscas (Gennard, 2007). Podemos encontrar ejemplares de esta familia tanto en flores, como en madera o carroña (Piera).

- *Necrobia rufipes*: Conocido en algunos países como "escarabajo de patas rojas" (Figura 39), es una de las especies más significativas desde el punto de vista forense (Gennard, 2007), ya que su presencia se asocia a etapas tardías de descomposición del

cadáver, desde la fase enfisematosa hasta los restos y asociada muchas veces a otras especies como *D. maculatus* o *Steoribia nigriceps* (Itsasoga, 2015).

Figura 39: *Necrobia rufipes*. Fuente: Wikipedia

- *Necrobia violacea*: Esta especie es muy cosmopolita y podemos hallarla en carroña seca y animales en descomposición (Piera). A diferencia de las otras especies, es posible encontrarla durante el estadio fresco y la descomposición activa y avanzada del cuerpo (Castillo-Miralbés, 2001). Destaca su brillo azul metalizado y los engrosamientos de sus antenas (Figura 40).

Figura 40: *Necrobia violacea.* Fuente: Sarah Gregg, www.flickr.com

- *Korynetes caeruleus*: Es una especie que frecuenta tanto zonas de interior como de exterior y es predadora, ya que se dedica a la caza de otros insectos (Piera). A pesar de ser similar a la anterior, la cabeza de esta especie es más ancha, y las antenas más rectas (Figura 41).

Figura 41: *Korynetes coeruleus*. Fuente: Udo Shmidt, www.flickr.com

6.3.1.2.6 Nitidulidae "escarabajos de la savia"

Estos escarabajos no alcanzan mucho tamaño, pues no miden más de 7-8 mm (Piera). Sus antenas terminan en una maza de tres segmentos y su élitro a veces está acortado. Podemos encontrar adultos de esta familia en los cadáveres durante las últimas etapas de descomposición. Dentro de la Subfamilia Nitidulinae destacamos los géneros *Omosita* y *Nitidula* que aparecen en los huesos y la carroña, sobre todo en los estados avanzados de descomposición (Gennard, 2007).

- *Omosita colon*: Posee una tonalidad marronácea y tiene forma ovalada (Figura 42), y pueden encontrarse en piel, carroña y huesos (Piera).

Figura 42: *Omosita colon.* Fuente: K.U Makarov, www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/omocolkm.htm

- *Nitidula rufipes*: Se aprecian muy bien los borlones de sus antenas y la vellosidad del tórax (Figura 43), pudiendo encontrarla en carroña seca, huesos y piel (Piera).

Figura 43: *Nitidula rufipes.* Fuente: M.V Makarov, www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/nitrufkm.htm

6.3.1.2.7 Scarabidae "escarabajos peloteros"

Son los típicos escarabajos que podemos encontrar en una amplia variedad de hábitats, tanto en un bosque, como en una pradera. Una de las características que podemos destacar de estos escarabajos, es que tienen el élitro "esculpido" en muchas ocasiones con suturas o estrías (Gennard, 2007), y presentan sus últimos artejos engrosados a modo de maza, casi siempre tienen las patas adaptadas a la excavación (Piera).

Geotrupes stercorosus: Presenta un punteado y estriado en el exoesqueleto, con cierto brillo métalico (Figura 44), y es conocido también como "*silvaticus*". Es más frecuente en defecaciones humanas (Piera).

Figura 44: *Geotrupes stercorosus*. Fuente: Juha Haataja, www.flickr.com

Es importante mencionar que, junto a esta fauna, pueden aparecer asociada larvas de la familia Cholevidae, debido a que son necrófagos facultativos (Castillo-Miralbés, 2001), por tanto, aunque no es una familia relevante en la entomología forense, deberá tenerse en cuenta su presencia durante el muestreo, ya que no siempre que esté presente debe implicar la existencia de un cadáver. Su estudio es muy escaso (Fresneda, 2007), por lo que no se podrá obtener mucha información de su presencia.

Existe además otra fauna que puede aparecer asociada, y cuyo conocimiento debe ser tenido en cuenta a la hora de evaluar y analizar el cadáver para no prescindir de datos o muestras. Se trata de las hormigas del orden Hymenoptera y familia Formicidae, que rápida y coordinadamente proceden al transporte en minúsculas cantidades del cadáver a sus nidos (Piera).

6.4 Ecología forense

La ecología corresponde al estudio del medio y a su relación con las distintas especies. En el caso de los artrópodos implicados en la entomología forense, el cadáver comprende en sí mismo un medio, correspondiéndose con el hábitat de varias especies que en él viven durante una parte de su vida. Conforme el cuerpo se va descomponiendo, la atracción que sienten los distintos insectos hacia él cambia, produciéndose un cambio en la sucesión de las especies, dicho cambio está secuenciado y registrado, permitiendo su uso en la estimación del intervalo post-mortem. Por ello es necesario conocer la ecología del medio, ya que las diferentes condiciones afectarán a las especies de distinta manera e intervendrán directamente en su desarrollo, produciendo un cambio en esta sucesión y por tanto, en la eficacia del cálculo del intervalo post-mortem.

Los factores más influyentes sobre el cadáver y su fauna asociada van a ser la temperatura, la humedad, la presencia de lluvias y la altitud, entre otras.

6.4.1 Ecología de las moscas importantes en la entomología forense

6.4.1.1 Calliphoridae

Las hembras de esta familia y las de la familia Muscidae cuentan con una tasa alta de ovoposición, que se produce en orificios naturales o heridas de los cadáveres, de tal forma que se asegura la presencia de alimento para la descendencia y además le confiere protección (Piera). Si las condiciones son favorables, de forma general, permanecerán como huevos unas 36h y tardarán tras la eclosión 40h en alcanzar el estadio de L2 (Arnaldo y cols., 2005).

Las condiciones meteorológicas pueden afectar a dicha ovoposición. Bajo la presencia de lluvia, estos insectos no podrán efectuar el vuelo, por lo que su llegada a los cuerpos se verá retrasada (Gennard, 2007). En el caso de los huevos, aparecerán en lugares más

profundos del cadáver para así protegerse y su periodo de desarrollo será mayor (Arnaldo y cols., 2015).

Pero la lluvia no es el único factor que limita a esta familia de moscas ya que, temperaturas por encima de 30 ºC o por debajo de 12 ºC también incapacitan su actividad.

En cuanto al viento, si este excede los 0,7m/s supondrá un obstáculo para poder realizar el vuelo (Gennard, 2007).

Su actividad se da principalmente durante el día, pero algunos estudios en UK afirman que distintas especies de esta familia, como es *Calliphora vicina,* es capaz de depositar huevos, aunque en menor cantidad, por la noche si existen unas condiciones de temperatura de 16-27 ºC, con una humedad relativa del 75-85 % y unas condiciones de luminosidad de 0,6-0,7 lux (Gennard, 2007). No obstante, para poder extrapolar estos datos a la península ibérica deberían realizarse estudios extensos en nuestro país.

Son la primera familia en colonizar el cuerpo, el orden de llegada dependerá de las condiciones de temperatura y humedad de las distintas estaciones del año y los factores que limitan su desarrollo.

Durante la **primavera**, con temperaturas en torno a 20 ºC y en **verano** 25-30 ºC y a principios de otoño, las especies más frecuentes de hallar sobre cadáveres corresponden, según su orden de aparición a: *Lucilia sericata, Chrysomya albiceps* y *Musca domestica.* Encontrando sobre todo a las dos primeras especies en mayor abundancia, por lo que se consideran los indicadores forenses más fiables en estas estaciones del año, teniendo mayor actividad nocturna durante el verano (Arnaldo y cols., 2015).

- *L. sericata,* aparece en primavera en el cadáver a las 30h post-exposición y en el caso del verano 24h tras la exposición (Arnaldo y cols., 2015). Esto se debe a que el aumento de temperatura produce una descomposición más precoz que resultará en una llegada anterior de la entomofauna. Abandonará el cadáver sobre los 10 días. Esta especie muestra preferencia por la ovoposición en superficie de cadáveres que están en torno a los 30 ºC (Gennard, 2007), llegando a completar su ciclo vital en unos 13-22 días con temperaturas de 15 ºC (Arnaldo y cols., 2005).

- *C. albiceps* representa la segunda especie en conquistar el cadáver en primavera y verano. Este segundo lugar se debe a una adaptación producida por las hembras para hacer la puesta de sus larvas, predadoras facultativas, coincidiendo con la coexistencia de otras larvas y así asegurar su alimento. Abandonará el cadáver sobre los 13 días. (Arnaldo y cols., 2015). A pesar de su abundante presencia en primavera y verano, alcanza también altos picos en otoño (Arnaldo y cols., 2005), y no se puede desarrollar bajo temperaturas

de 15 ºC, a no ser que formen una masa larval que aumente la temperatura local. Su ciclo vital se puede completar en 19,2 +/- 0,92 a temperaturas de 20 ºC y 8,3 +/- 0,5 días a 35 ºC (Gennard, 2007).

Durante el **invierno** y **finales del otoño** es más frecuente *C. vicina*, siendo la colonizadora primaria en invierno (Figura 45). Hace su llegada al cuerpo a las 30h post exposición y lo abandona a los 10 días. Debemos resaltar también que es la especie más común en los cadáveres de interior, excepto si por la ventana entra sol, teniendo una temperatura óptima de 15-20 ºC (Arnaldo y cols., 2005). Tanto esta especie como *C. vomitoria*, presentan mayor resistencia al clima frío, mostrando el huevo de *C. vicina* mayor tolerancia al frío con un límite de congelación más bajo (Gennard, 2007).

	15.8 ± 0.004°C Time to Reach Stage, h		20.6 ± 0.03°C Time to Reach Stage, h		23.3 ± 0.02°C Time to Reach Stage, h	
Stage	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1st instar	41.4 ± 1.2	46.7 ± 0.6	22.5 ± 0.2	36.0 ± 4.0	21.0 ± 0	29.5 ± 5.2
2nd instar	83.0 ± 10.0	88.3 ± 12.7	57.0 ± 6.0	57.0 ± 6.0	45.0 ± 0	52.0 ± 0
3rd instar (feeding stage)	128.0 ± 9.0	146.0 ± 15.6	84.0 ± 10.0	93.5 ± 0.5	77.0 ± 0	85.0 ± 8.0
Prepupal	228.0 ± 3.3	257.0 ± 9.6	155.5 ± 4.2	162.5 ± 1.1	146.0 ± 0	173.0 ± 0
Pupal stage	294.0 ± 4.7	440.3 ± 42.1	213.0 ± 4.5	233.0 ± 0.9	202.8 ± 5.8	279.0 ± 22.5
Adult	719.7 ± 6.0	874.6 ± 20.7	514.8 ± 3.7	572.0 ± 10.0	454.0 ± 6.0	499.5 ± 7.5

Figura 45: Tabla de rangos de desarrollo de *C. vicina* a distintas temperaturas.

Fuente: Gail y Anderson, 2000.

- *Prothophormia terraenovae* tiene mayor presencia en primavera, aunque menor que las citadas especies y por lo tanto la aparición de sus huevos se asocian a esta estación.

6.4.1.2 Muscidae

Dentro de esta familia encontramos especies que están muy ligadas a la actividad humana, como hemos nombrado en apartados anteriores.

- *Musca domestica* es la especie que llega en tercer lugar al cuerpo durante la primavera y el otoño, haciéndolo a las 60h tras la exposición del cadáver (Arnaldo y cols., 2015), presentando mayor densidad en verano y ausencia total en invierno (Arnaldo y cols., 2005).

6.4.1.3 Sarcophagidae

Las hembras de esta familia son bastante menos prolíficas que las familias citadas anteriormente, además de no realizar ovoposición, ya que son ovovivíparas (Piera). Ponen sobre el cuerpo directamente larvas vivas y además distribuidas a lo largo del cadáver o cadáveres, no en focos localizados (Gennard, 2007).

Aparecen en el cuerpo atraídas por los últimos estados de descomposición y a diferencia de otras familias, estas moscas sí pueden volar cuando las condiciones climáticas son adversas y existe lluvia, por ello, serán las primeras en colonizar el cuerpo si ha habido malas condiciones o lluvias de forma prolongada (Gennard, 2007). A pesar de este hecho prefieren las zonas con luz solar que las de sombra.

6.4.1.4 Piophilidae

Estas moscas pueden llegar a colonizar también cuerpos vivos. de esta familia, la especie realmente importante es *Piophila casei*, debido a su asociación a numerosos alimentos como jamones y quesos, se le ha asociado a miasis intestinales accidentales en el hombre (Gennard, 2007). Gracias a los avances en sanidad y leyes sanitarias en las industrias alimentarias, estas miasis son actualmente muy difíciles de padecer.

Otro factor del medio que influye en la ecología y biogeografía a tener en cuenta sería la altitud, factor que pasa totalmente desapercibido en la mayoría de los estudios.

Conforme aumenta la altitud, disminuye la riqueza de especies, ya que habrá menos temperatura y menores condiciones favorables para el desarrollo de las especies, siendo *Calliphora* spp. la que mejor se adaptan a la altitud debido a su mejor tolerancia al frío. Su conocimiento es importante para poder tener mayor entendimiento de cómo se distribuyen las poblaciones (Domínguez, 2017).

6.4.2 Ecología de los escarabajos importantes en la entomología forense

Los coleópteros han desarrollado modificaciones estructurales importantes que han permitido su colonización en todos los ecosistemas (Zanetti, 2013), y de ahí que sean el orden con más especies. Al igual que las moscas, siguen un orden de sucesión en función al estado de descomposición del cadáver (Tabla 4). Primero llegan los Estafilínidos y se quedan hasta el final, más tarde, cuando comienza la etapa de hinchado llegan los Cléridos, Sílfidos y Escarabeidos, siendo estos últimos los que abandonan el cuerpo antes, en la descomposición activa. A continuación llegan los Histéridos y Derméstidos en esta descomposición activa para quedarse hasta la esqueletización. Por último llegan los Nitidulidos, desde la fase avanzada de descomposición hasta la esqueletización. Estos estados de descomposición se clasifican de la siguiente manera:

A. Estado fresco:

Desde la muerte hasta que, debido a la producción de gases producida por las fermentaciones, el cuerpo comienza a hincharse.

B. Estado hinchado:

Desde que da comienzo ese acúmulo de gases, hasta que la presión sobre los tejidos o el consumo por parte de los insectos necrófagos, hacen que el cuerpo se deshinche.

C. Estado descomposición activa:

Es la fase de mayor actividad de las larvas de los insectos necrófagos consumiendo los tejidos. Comienza con la citada salida de los gases y finaliza cuando las larvas necrófagas abandonan el cuerpo y migran a pupar en el sustrato o cuerpo.

D. Estado de descomposición avanzado:

Desde el momento en que abandonan, o no, las larvas el cuerpo, hasta que queda una masa compacta más o menos seca compuesta de los tejidos sin consumir, y otras materias orgánicas, como son los huesos y los cartílagos.

E. Esqueletización:

Fase última en la que básicamente solo quedan restos óseos y tejido seco adherido.

(Castillo-Miralbés, 2001).

Tabla 4: Sucesión de las familias de coleópteros según estado del cadáver .Gennard, 2007.

Familia	Fresco	Hinchado	DAC	DAV	ESQ
Estafilinidos	x	x	x	x	X
Histeridos			x	x	X
Cléridos		x	x	x	
Escarabeidos		x	x		
Sílfidos		x	x	x	
Dermestidos			x	x	X
Nitidulido				x	X

DAC: Descomposición activa. **DAV:** Descomposición avanzada. **ESQ:** Esqueletización

Este estado de descomposición del cadáver va a volver a estar marcado por las condiciones del medio, como son temperatura, humedad o estación del año. Pero de forma general, podemos afirmar que los coleópteros son los últimos en invadir el cadáver. Esta invasión será más tardía en el caso de que el cuerpo esté parcialmente o totalmente enterrado.

Los adultos, tras la cópula, buscan de forma activa durante la noche principalmente, el cuerpo donde se realizará la puesta. Las hembras perforan el cadáver para verter secreciones y diluir así la carroña, preparando una especie de papilla que servirá de alimento posterior a las larvas (Piera). La eclosión variará nuevamente según la especie y las condiciones presentes, pero de forma general, podríamos decir que dura entre 3-12 días (Magaña, 2001).

6.4.2.1 Sílfidos

Estudios asocian su actividad con estados de descomposición activa de grandes cuerpos a una temperatura de 18-24 ºC. La especie más representativa es *Necrobia humator*, que parece tener preferencia por los cuerpos pequeños (Gennard, 2007).

Lo interesante con estos escarabajos no es tanto la relación que tienen con el medio, sino la que parece haber entre ellos entre sí, como el cuidado a los individuos más jóvenes, o el sexual producido por la emisión de feromonas (Zanetti, 2013). Sin embargo, no es de extrañar encontrar a una única pareja en el cuerpo, debido a la competencia que surge entre ellos. Junto con la familia de los cléridos e histéridos pueden provocan heridas que pueden dar lugar a confusión con aquellas producidas por una bala (Gennard, 2007).

6.4.2.2 Derméstidos

De esta familia una de las especies más importantes desde el punto de vista forense es *Dermestes maculatus*, cuyo ciclo vital dura aproximadamente entre 20 y 45 días en función de la temperatura. Si existe una temperatura comprendida entre 28-30 ºC, el ciclo vital será completado en 22 días, aun pudiendo desarrollarse a distintas humedades relativas, muestra preferencia por una humedad del 50-60 % (Gennard, 2007).

Son frecuentes durante la primavera y el verano, apareciendo mayoritariamente en los estados de descomposición temprana, aunque conforme avance la putrefacción, se incrementará el número de especies implicadas (Arnaldo y cols., 2005). Se han llegado a encontrar especímenes de esta familia en los análisis del contenido gastrointestinal de momias en Chile (Paredes y Aspillagal, 1984) y son comúnmente usados por los museos para limpiar los huesos (Zanetti, 2013).

A pesar de poder vivir en la oscuridad, cuando no existe la fuente de alimento suficiente, esta especie migra hacia la luz, ya que para poder realizar su ciclo de forma

satisfactoria necesita una fuente de alimento suficiente y un lugar adecuado para pupar, ya que entre ellas practican el canibalismo (Gennard, 2007).

Se ha descrito una mayor eficacia en la estimación del intervalo post mortem, cuantas más especies hay implicadas, en este caso, cuando especímenes de esta familia aparecen junto a otros de la familia Nitidulidae, ya que las estimaciones son más acertadas al poder concretar más los datos (Arnaldos y cols., 2005).

6.4.2.3 Histéridos

En esta familia tanto adultos como larvas son necrófilos, por lo que suelen aparecer en los estados de descomposición tardía, alimentándose de las especies de moscas que allí se encuentren alimentándose del cuerpo (Piera). Es frecuente hallarlos tanto debajo del cuerpo en galerías, como debajo de árboles (Gennard, 2007; Piera).

Como ya se mencionó con anterioridad, estos escarabajos poseen lo que se conoce como tanatosia, un comportamiento defensivo por el que fingen estar muertos, por ello es muy importante a la hora de recolectarlos, asegurarnos si están o no realmente muertos. Además de este mecanismo de defensa poseen la capacidad de secretar un líquido picante a través de la parte ventral del tórax (Gennard, 2007).

6.4.2.4 Cléridos

Algunos autores nombran a los escarabajos de esta familia como escarabajos de los huesos. Tanto las larvas como los adultos de esta familia se alimentan de gusanos u otros escarabajos (Rodas, 2016).

Una de las especies más representativas para la entomología forense es *Necrobia rufipes,* que constituyen una plaga en las despensas de alimentos y son fácilmente reconocibles por sus patas rojas. Dependiendo de la temperatura, esta especie tendrá en sus distintas etapas una duración u otra. En el caso del estadio larval, éste puede ocupar 32 +/- 5,2 días, el periodo pupal 9,9 +/- 1,7 días y la vida media de las hembras es más larga que la de los machos, siendo la de ellas de 60,6 +/- 39,5 y la de ellos 45,4 +/- 18,2 días (Gennard, 2007).

Se sienten atraídos por el estado de saponificación del cuerpo, cuando se producen ácidos grasos volátiles, y puede aparecer comúnmente con especies de la familia *Piophila* spp, y en los estados secos puede desarrollarse competición con *D. maculatus*, que llega

también al cuerpo, donde la temperatura tendrá un papel limitante, ya que a 32ºC ambos podrán coexistir (Gennard, 2007).

6.4.2.5 Estafilinidos

Esta familia está presente en los últimos estadios de descomposición (Arnaldos y cols, 2005), aunque también cuando el cuerpo aún está fresco (Gennard, 2007). Son predadores tanto del huevo, larva, como del adulto de las moscas que se encuentran en el cuerpo alimentándose de la carroña (Piera).

6.4.2.6 Escarabeidos

Se encuentran altamente distribuidos y son de las familias más fáciles de reconocer, asociados al estiércol. Sus larvas nacen de huevos que se han puesto en bolas de estiércol que construyen los adultos (Rodas, 2017).

Una de las especies más importantes es *Gotrudes stercososus*, cuya ligada fijación al suelo arenoso, lo convierten en un buen indicador del transporte del cuerpo desde el lugar de la muerte hasta donde ha sido hallado el cadáver (Gennard, 2007).

6.4.2.7 Nitidulidos

Debido a que existe poca densidad de especies realmente importantes de esta familia desde el punto de vista forense, no existe mucha información sobre la misma. Su presencia suele estar ligada a etapas tardías de descomposición, como a fruta podrida o verdura en descomposición (Rodas, 2017). Varían tanto en formas, como en modo de vida, aunque suelen ser ovales (Piera).

Debido a la gran diversidad de relaciones que se producen con el medio y sus características, y las alteraciones que estas producen en la entomofauna, es de vital importancia para el correcto resultado de la estimación post mortem, que sea un veterinario o un personal cualificado el que recoja y analice las muestras e insectos, ya que si esta tarea la realiza un profesional no experimentado o con carencias en los conocimientos requeridos, se pueden omitir muchos factores importantes y mucha información que está en la escena del crimen, pero que es invisible para alguien que no cuenta con las herramientas precisas para poder detectarla.

6.4.3 Ciclo biológico de la fauna implicada en la entomología forense

Los insectos en general, no solo aquellos implicados en la entomología forense, se han ido adaptando con el paso del tiempo al medio y a sus condiciones y hospedadores, que en muchas ocasiones somos las personas y animales domésticos, para optimizar y asegurar su descendencia. Un ejemplo lo tenemos en su ciclo reproductivo. La estricta mayoría de ellos tienen una madurez sexual temprana y una prolificidad alta. Dichas adaptaciones pueden verse reflejadas en muchos insectos, por ejemplo, las pulgas, insectos parásitos, que pueden reproducirse por partenogénesis si no hay presencia de machos, lo que anula el factor limitante de la presencia de ambos sexos. Otros insectos como las garrapatas pueden sincronizar su periodo reproductivo con el hospedador del que se alimentan, para así asegurar la invasión de la descendencia de dicho hospedador y la suya propia.

El ciclo vital de los insectos comprende su evolución por distintas fases o estadios, desde el huevo hasta el adulto o imago, siendo conocido este proceso como metamorfosis, y en el cual existen dos variantes:

- **Metamorfosis completa/holometábola**: aquella en la que existen diferencias morfológicas notables entre las distintas fases y en la que el adulto que emerge de una pupa nada tiene que ver morfológicamente al resto de fases, las cuales son: huevo, estadios larvales, pupa y finalmente imago.
- **Metamorfosis incompleta/hemimetábola**: aquella en la que el insecto experimenta cambios graduales de tamaño, habiendo una similitud entre el individuo joven y el adulto, siendo las fases: huevo, ninfa y adulto.

6.4.3.1 Díptera

Las moscas tienen un ciclo vital marcado por una metamorfosis completa, es decir, ciclo holometábolo. Podría decirse que el ciclo comienza con la puesta de huevos de la hembra. En el caso de las moscas de las familias Muscidae y Calliphoridae, con una alta tasa de ovoposición, ésta se realiza en heridas (Figura 46) o aberturas u orificios naturales del cuerpo (Piera), que favorecen la alimentación de la larva cuando eclosiona y sobre todo, en partes inferiores del cuerpo, ofreciendo además protección a los huevos por no estar directamente expuestos al medio. Estos huevos van a tener distintas características en

función de la especie, por lo que es importante su recolección y conservación durante el muestreo, ya que podrían ser útiles a la hora de la identificación de especies implicadas. Estas características diferenciales varían en tamaño, forma y corion, entre otras (Gennard, 2007). En el caso de las moscas de la familia Sarcophagidae, la puesta no es de huevos sino directamente de larvas, al ser ovovivíparas, aunque en este caso, en menor cantidad que las familias anteriores y en varias partes del cuerpo o cuerpos (Piera).

Tras la ovoposición se produce la eclosión del huevo (Figura 47), la cual, y dependiendo de la especie y las condiciones ambientales se producirá en un tiempo determinado, 24-72h de forma general (Magaña, 2001). Tanto el número como el tamaño del huevo están relacionados con la condición de la hembra, existiendo una relación inversa entre número de huevos y tamaño de las mismas (Gennard, 2007).

La larva que emerge del huevo tiene forma cónica, es blanca y con 12 segmentos (Magaña, 2001), presentando una alimentación muy activa en esta fase (Figura 48) (Zamira y cols., 2009). Las moscas en general poseen tres estadios larvales denominados respectivamente: L1, L2 y L3. Estos estadios larvales son reconocibles e identificables debido a las hendiduras que presentan en sus espiráculos posteriores, correspondiendo una hendidura a un estadio L1, dos hendiduras a L2 y tres hendiduras a L3 (Gennard, 2007). Debemos mencionar también que las distintas especies tendrán además características propias que también ayuden a la identificación. Sin embargo, el tamaño, no se debe tomar como una medida de estimación de la edad de la larva, ya que a pesar de que la más grande será naturalmente la L3, esto va a depender del tipo de alimentación y su calidad. Esta etapa larval puede durar de 3-4 días (Piera) y finaliza cuando la L3 ha alcanzado su máximo crecimiento, marcando el inicio de la nueva fase: la formación de la pupa o pupación (Figura 49).

En esta nueva fase tendrá lugar el desarrollo de las características del adulto (Zamira y cols., 2009), en la que la larva se volverá oscura y endurecerá su cutícula, e incluso en algunas especies preservará cualidades reconocibles de la L3, que permitirán la identificación de la especie en esta fase (Gennard, 2007). En ciertas especies, la pupa se entierra en las inmediaciones del cadáver, como es el caso de *Calliphora* spp., mientras que en otras permanece en el cadáver (Magaña, 2001), como es el caso de *Protophormia terraenovae* (Gennard, 2007). Además, esta etapa variará según las condiciones ambientales, lo que implica que a mayor humedad relativa y alta temperatura, menos tiempo será requerido para desarrollar al adulto o imago. En el caso de *Chrysomya*

ruficeps se puede estimar que el ciclo completo desde huevo a adulto con 32 ºC es en torno a 6-9 días (Zamira y cols., 2009).

Figura 46: *Lucilia* spp., poniendo huevos sobre herida en piel. Fuente: Martin Sharman,www.flickr.com

Figura 47: Restos de huevos de *Calliphora* spp. sobre rata muerta. Fuente: El desinsectador – desinsectador.com

Figura 48 Larvas de *Calliphora* spp. Alimentándose de rata muerta. Fuente: El desinsectador – desinsectador.com

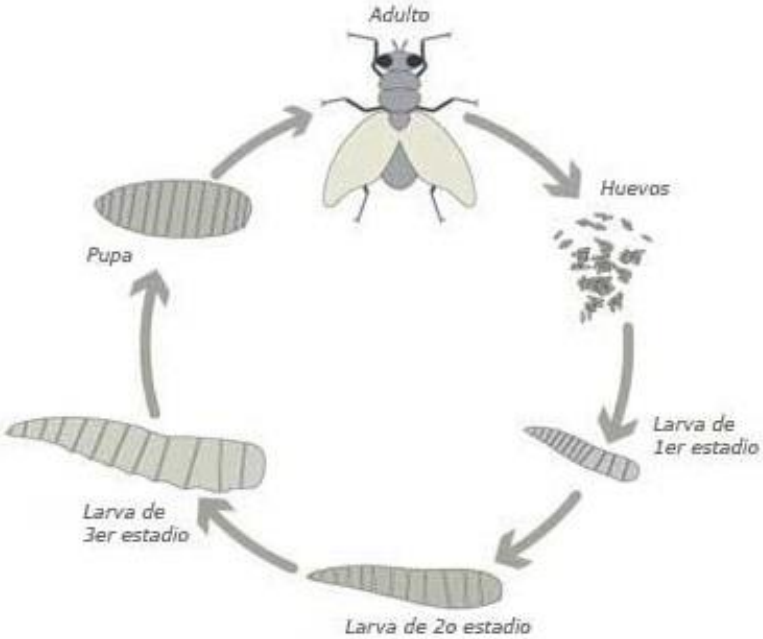

Figura 49: Ciclo vital general dípteros. Fuente: Revista veterinaria argentina

6.4.3.2 Coleóptera

Al igual que las moscas, presentan un ciclo holometábolo, es decir, metamorfosis completa.

Tras la eclosión de los huevos, emergerá la larva y con ella la sucesión de estadios larvarios, que en este caso puede variar de 3 a 5 en función de la especie (Figura 50). Por ejemplo, Zanetti (2013) durante la realización de su tesis doctoral, demostró laboratorialmente que *Dermestes maculatus* a 20-32 ºC presenta 7 estadíos larvarios, presentando generalmente coloraciones oscuras con presencia de pelos (Figura 51) largos y cortos (Gennard, 2007). La duración de esta fase generalmente es de 4-6 semanas (Magaña, 2001), y tras alcanzar la madurez del último estadio larvario, dará inicio la pupación. Muchas especies entierran sus pupas en cámaras subterráneas que ellas mismas excavan, mientras que otras lo hacen en la superficie.

Dependiendo de la especie, el ciclo vital completo puede durar de 7 a 10 días, en el caso de Estafilinidos, o de un año en el caso de los Dermestidos. Teniendo estos últimos una esperanza de vida de 2-3 años (Gennard, 2007), produciendo de forma habitual una generación por año, aunque si se dan condiciones ambientales muy favorables pueden llegar a dos generaciones por año (Magaña, 2001).

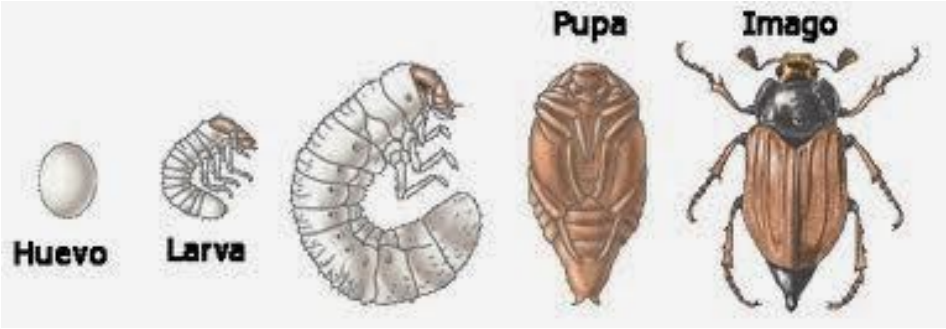

Figura 50: Ciclo vital coleópteros. Fuente: http://escaraba.blogspot.com

En el caso de los Sílfidos, Velásquez (2009) realizó un estudio sobre la duración del ciclo biológico de estos insectos en condiciones de laboratorio, comprobando que a una temperatura de 15 ºC tardan 40 +/- 2,73 días en realizar su ciclo completo, mientras que con 20 ºC la duración sería de 20,33 +/- 0,89 días. Tras realizar el estudio en condiciones ambientales, se concluyó que no había cambios significativos entre su desarrollo de forma natural a unos 20 ºC, con los obtenidos a esa temperatura.

Figura 51: Pupa (izquierda) recién emergida. Fuente: Universidad de florida

7. ENTOMOLOGÍA FORENSE VETERINARIA EN MEDICINA LEGAL

El análisis de insectos en investigaciones legales se lleva a cabo desde hace décadas, aunque casi de forma exclusiva centrada en la especie humana, en el caso de homicidios, asesinatos, crímenes sexuales, entre otros, para estimar el intervalo de la muerte e intentar comprender mejor los hechos que la acontecieron. De forma gradual, la veterinaria ha ido adquiriendo esta herramienta para el estudio de aquellos crímenes, maltratos o abusos cometidos contra animales salvajes o domésticos (Rebelo y cols., 2014).

7.1 Crímenes o abusos animales y la entomología forense veterinaria

La preocupación sobre el bienestar animal ha aumentado de forma exponencial en los últimos años, lo que puede ser debido a una mayor visibilidad del problema por parte de distintas organizaciones, a una mayor fuente de información sobre las cifras reales o a ambas. Sin embargo, el maltrato animal sigue siendo una asignatura pendiente por parte de la sociedad.

España especialmente, es el país en Europa que arrastra el lastre de ser el primero en maltrato y abandono animal, un problema que ya habiendo sido identificado, está siendo lentamente subsanado con distintas medidas, como el cambio de la legislación donde se reconoce a los animales domésticos como “seres vivos dotados de sensibilidad” en vez de meros objetos como la antigua legislación reconocía. El maltrato animal está recogido en el código penal desde el año 2015 con penas de prisión, que van desde 3 meses a un año si no existe la muerte del animal, ó 6 meses a 18 meses si se demuestra que la muerte del animal ha sido producida por la persona acusada.

A pesar de ello, existe una gran dificultad de investigar casos de crueldad animal, que radica principalmente en que las víctimas no pueden denunciar, a lo que hay que sumarle el hecho de que existe poco conocimiento sobre la correcta investigación y análisis en los casos de maltrato animal (Merk, 2007).

Por eso, el veterinario es considerado la máxima eminencia en los casos de maltrato o crimen contra animales, debido a que es el profesional mejor cualificado para observar y entender los comportamientos y patologías, entre otras, de los animales (Merk, 2007). Además, es su responsabilidad la de reconocer y responder ante los casos de maltrato que se le presenten. Todas estas razones han dado lugar al surgimiento de la forense veterinaria, como una solución a muchos profesionales veterinarios, que se encontraban

obstaculizados por la falta de conocimientos sobre la detección de animales sospechosos a estar sufriendo malos tratos (Arkow y Munro, 2013).

Entre las herramientas con las que cuenta el veterinario para el desarrollo de su actividad forense, debemos nombrar la IVFSA: "Asociación Internacional de Ciencia Forense Veterinaria". Entre sus objetivos está promover la salud, el bienestar y la seguridad de los animales a través del fomento de las técnicas actuales y novedosas de ciencia forense y el procesamiento de la escena del crimen para asegurar una detección correcta de abuso, crueldad o negligencia hacia los animales. Además de mantener actualizada la materia en cuanto a forense veterinaria, a través de conferencias anuales y material bibliográfico.

La entomología forense es parte crucial de la forense veterinaria. En el caso de que el animal finalmente haya muerto o haya sido sacrificado, nos revelará, igual que hace en forense humana, una estimación del intervalo post-mortem y las características que acontecieron entorno a los hechos. Sin embargo, si el animal no está muerto, pero muestra heridas o lesiones con presencia de larvas o huevos, podremos determinar de forma muy acertada, la antigüedad de las lesiones y por tanto aproximarnos a determinar desde cuándo es sufrido el maltrato o intento de crimen. También sería necesario, tras el hallazgo de lesiones recientes que se puedan datar, buscar mediante la exploración física, lesiones o heridas antiguas que puedan suponer que no nos encontramos ante un primer caso de maltrato o intento de crimen, si no ante una violencia repetida. Un factor a tener en cuenta será el hallazgo del cuerpo en intermediaciones de la vía pública, ya que la tarea de muestreo y recogida de insectos se verá dificultada por la pérdida de información de larvas, huevos y pupas al realizarse el traslado del cuerpo de forma inmediata, por lo que se deberá tener en consideración este hecho para las posteriores determinaciones (De Pancrobo y cols., 2006).

Se podría afirmar, por tanto, que la entomología forense veterinaria, no difiere tanto de la utilizada en la forense humana, salvo por la única razón de a qué animales va dirigido. Podemos destacar su utilización más activa en los casos de peritación, que pueden darse tanto para animales de compañía, como para animales de renta, siendo éstos más frecuentes debido a los agroseguros. En ambos casos, el veterinario actuará como perito, tanto judicial, si es requerido en el juicio por parte del juez o asalariado de la aseguradora. El veterinario deberá determinar si la supuesta muerte de animales de renta se produce como narra el ganadero o si es una astuta estrategia para cobrar el seguro. En resumidas cuentas, su actuación irá encaminada a exámenes y certificados médicos sobre

enfermedades o muertes, donde la entomología forense veterinaria, es una herramienta clave para determinar estas cuestiones.

Al igual que ocurre en los casos previamente citados, cuando los animales involucrados sean de caza o especies protegidas, el forense veterinario puede ser llamado a participar en el caso, desarrollando una labor importante, ya que está relacionada directamente con la sanidad, en el caso de los animales de caza, y la conservación de la biodiversidad, en el caso de especies en peligro, dando lugar a un enjuiciamiento adecuado de aquellos que perturben, abusen o atenten contra aquellas especies protegidas.

7.2 Relación entre la violencia animal y la familiar

Existe una conexión, cada vez más respaldada desde el ámbito científico, entre el maltrato animal y el familiar. Cada vez son más los científicos o autores que centran sus estudios en esta hipótesis, para finalmente corroborarla, es el caso, por ejemplo, de Sarah De Gue, quien junto con David Di Lillo, en su artículo "Is animal cruelty a red flag for family violence?" propusieron los resultados de su estudio realizado a 860 estudiantes, donde se concluía que el 60 % que infringía violencia contra los animales, había sido o era víctima de violencia familiar (DeGue y DiLillo, 2009).

Por este motivo, cada vez más países se suman a la promulgación de leyes que otorguen a los veterinarios inmunidad absoluta o limitada para reportar casos sospechosos de violencia familiar, como es el caso de Nueva Zelanda, Canadá o Dinamarca (Arkow y Munro, 2013).

El veterinario en este ámbito vuelve a tener un papel importante en la detección precoz de casos de maltrato animal, que puedan sugerir un maltrato familiar oculto como causa primaria, pudiendo incluso requerir su participación no únicamente en la clínica, o en la recogida de muestras para el análisis entomológico, sino también en un juicio, prestando por tanto un servicio público multidisciplinar que en pocas ocasiones se reconoce y valora (Arkow y Munro, 2013).

8. CASO CLÍNICO

A continuación, se describe un caso clínico publicado por Anderson (1999), donde la aplicación de la entomología forense fue clave para la estimación del intervalo post-mortem.

Tres osos negros (*Ursus horribilis*) aparecieron muertos entre el 12-15 de julio de 1998 cerca de un basurero a 100 km al norte de Winnipeg, Manitoba (Canadá). Todos estaban cubiertos de basura y presentaban heridas de bala por disparo en la cabeza o cuello, estaban destripados y además había ausencia de su vesícula biliar, por lo que parecía que podría tratarse de unas muertes con fines lucrativos, pues la vejiga biliar de oso se considera una pieza de lujo en la medicina tradicional china.

Los días 12 y 13 de julio se encontraron los restos de dos hembras adultas en avanzado estado de descomposición y sus oseznos huérfanos, mellizos y trillizos, fueron vistos por el basurero buscando comida. Los intentos por capturarlos fueron inútiles.

El día 13 de julio, sobre las nueve de la noche, los oficiales de conservación respondieron a un informe donde se alertaba de dos disparos producidos en el descampado. Junto con la Policía Real Montada de Canadá, perros policías y un guía de rastreo se presentaron en el lugar de los hechos, donde dos sospechosos fueron esa noche detenidos, si bien no estaban en posesión de las vejigas.

Al día siguiente, 14 de julio, los dos oseznos aparecieron muertos por heridas de bala en la cabeza, destripados y con ausencia de la vesícula biliar (Figura 52). Los dos oseznos eran aún demasiado jóvenes como para que sus órganos tuvieran valor medicinal o comercial. Tanto la Policía Real Montada de Canadá como los oficiales de conservación fueron llamados a la escena del crimen. Uno de los oficiales de policía tenía conocimientos del valor que podría tener la entomología forense, así que recolectaron evidencias.

Los únicos insectos recolectados durante el muestreo fueron huevos de *Calliphora* spp., que estaban dispuestos en masas cerca de heridas abdominales (Figura 53).

Se recogieron la mitad de los huevos a las 16:45h y el resto a las 17:12h. El resto de los especímenes vivos se colocaron sobre hígado de oso para observar el tiempo que tardaban en eclosionar los huevos. Entre las 21:00h del día 14 de julio y las 07:45h del 15 Julio finalmente eclosionan los huevos. Todas estas pruebas se mandan a Gil Anderson, Universidad de British Columbia, quien confirma que las evidencias pertenecen a especímenes de *Calliphora* spp.

Figura 52: Cuerpos sin vida de los oseznos destripados y sin vesícula biliar en el vertedero cerda de Manitoba. Fuente: Oficial de la Real Policía Montada de Canadá, W. Campbell.

Figura 53: Apreciación de las masas larvales cerca de las heridas de abdomen de uno de los oseznos de cerca. Fuente: Oficial de la Real Policía Montada de Canadá, W. Campbell.

El 15 de julio aparece muerto un macho en las mismas condiciones. Los detenidos fueron liberados por lo que la investigación del oficial de conservación se centró en los dos oseznos.

No se observaron restos de huevos o de cáscaras de éstos en el animal por lo que no se habrían producido eclosiones previas. Los especímenes recopilados eran de *Calliphora* spp. en forma de L2 en el momento de recibir las evidencias. Se mantuvieron en una habitación controlada de la Universidad con fotoperiodo de 12h con luz y 12h sin luz,

observándose diariamente hasta el 17 de Julio, cuando todas ya habían emergido a adultos o bien murieron.

Tras la emersión de los adultos se identifican tres especies *Lucilia regina, Lucilia sericata* y *Lucilia illustris.* En los oseznos de recogieron de *Protophormia terraenovae y L. sericata.*

Los registros meteorológicos de las temperaturas del entorno más cercano marcaron una temperatura media de 21,5-23,3 ºC, con ausencia de lluvias, por lo que se dieron en definitiva unas muy buenas condiciones para la ovoposición y desarrollo del insecto.

Una vez realizadas las pruebas del laboratorio, Anderson concluyó que, a una temperatura de 23,1 ºC *L. sericata* tarda entre 21,5-22,5 horas en eclosionar, coincidiendo con lo publicado anteriormente en otros estudios. En el caso de *L. illustris* apenas hay información, si bien en el laboratorio a 21,2 ºC esta especie tardó en eclosionar entre 19,3-44 horas.

Como ya se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo, los insectos en los cadáveres indicarían el tiempo mínimo desde la muerte, que en este caso sería debido a las determinaciones de los huevos puestos sobre los cadáveres, cuando fue el cadáver accesible o disponible para la ovoposición.

Teniendo en cuenta la temperatura ambiente de la escena del crimen, que fue entre 21,5 y 23,3 ºC se concluyó:

- Los huevos de *L. regina* no tardan más de 21,5-22,5 horas en eclosionar. La eclosión comenzó después de las 09:00h del 14 de Julio y antes de las 07:45 del 15 de julio, sugiriendo que los huevos de esta especie debieron ser ovopositados en algún momento de la media noche, sobre las 21:00h del 14 de julio.

- Los huevos de *L. sericata* tardaron 21-23,5 horas en eclosionar a estas temperaturas, por lo que también se habrían ovopositado a las 09:00h el día 14 de julio.

- Los huevos de *L. illustris* no deberían de haber tomado más de 19,3 h en eclosionar, así que probablemente habrían llegado al cadáver más tarde. Por tanto, los huevos se habrían depositado sobre los cadáveres sobre las 09:00h del día 14 julio. Esto supondría que lo animales habrían muerto antes de la mañana del 14 de julio. Los oseznos, sin embargo, podrían haber muerto la noche anterior, en la tarde del 13 de julio, porque las moscas probablemente no habrían puesto huevos hasta la mañana siguiente. Pero pueden no haber muerto el día anterior, el 13 de julio, si lo hubieran hecho, ya se hubieran desarrollado gusanos en sus heridas por el tiempo desde que fueron recolectados.

Además, no podrían haber muerto más tarde del día 14 de julio, ya que los insectos habrían eclosionado mucho más tarde.

-Resolución del caso:

Las evidencias de los distintos insectos indicaron una hora que relaciona exitosamente a los sospechosos. Se habrían producido tiros alrededor de las 09:00h del día 13 de julio. La evidencia del ADN se utiliza para relacionar a los cazadores furtivos a uno de los oseznos. Ambos acusados fueron declarados culpables de dos casos de caza furtiva, por la Ley Provincial de Fauna silvestre, se sentenciaron a 3 meses de prisión. El juez declaró en su resumen que la evidencia entomológica era la más convincente.

El caso presentado aquí es una simple determinación del intervalo de tiempo desde la muerte basada en el desarrollo del huevo, pero con la característica de que se aplica a la medicina forense veterinaria en este caso. Los insectos son atraídos por un animal muerto de la misma forma en que se sienten atraídos por un humano muerto.

Existen animales que sólo pueden ser cazados durante un periodo del año, por lo que fuera de ese plazo su caza es ilegal. Mediante estas técnicas entomológicas podremos esclarecer si el animal fue matado en el periodo legal o ilegal. Una vez acusado, un enjuiciamiento exitoso depende de una fuerte evidencia física. Los insectos proporcionan evidencia física sólida y defendible que se ha utilizado con éxito en los tribunales.

9. OPINIÓN PERSONAL

Mis conocimientos previos sobre la entomología forense veterinaria eran básicamente nulos al inicio de esta revisión. Durante el desarrollo del trabajo, he podido ir adquiriendo competencia en la materia, aun sabiendo las deficiencias en distintos ámbitos que aún poseo.

Conforme avanzaba la redacción del trabajo, iba haciéndose más evidente la falta de información de la entomología forense en el ámbito veterinario y mucho menos a nivel nacional, tanto de registros como de legislación, siendo menos aún los pocos recursos informativos que hay del conjunto de ambas, entomología forense veterinaria en España. La poca información que existe resulta en su mayor parte repetitiva e incompleta, teniendo que utilizar en muchas ocasiones información de artículos, revisiones y tesis de otros países, sobre todo latinoamericanos, donde nos llevan años luz de ventaja en esta materia.

Todo esto manifiesta la necesidad de un mayor estudio y formación en este campo, que debería de ser incentivado por las instituciones pertinentes, en este caso, la universidad, no sólo por su papel destacado en la medicina legal, sino también por la ampliación que produce en la oferta laboral de nuestra profesión, gracias a las distintas salidas que esta rama ofrece, y que son desapercibidas para la mayoría de los estudiantes, ya que no se hace casi alusión a ellas durante el desarrollo de la carrera.

10. CONCLUSIONES

1. Existe un vacío informativo importante sobre la aplicación de esta ciencia en el campo de la medicina veterinaria en nuestro país, en parte debido a que no se manifiesta un adecuado fomento por parte de las instituciones educativas nacionales del estudio de esta ciencia, ni de sus posibles salidas profesionales.

2. Su utilidad en la medicina legal y en la resolución de procesos judiciales, ha sido demostrada y validada en varias ocasiones, resaltando su implicación en la estimación del intervalo post-mortem, según la entomofauna encontrada en el animal accidentado o el cadáver. Los primeros artrópodos en colonizar los cadáveres parecen ser moscas de la familia Calliphoridae, mientras que los últimos son escarabajos, especialmente de las familias Dermestidae o Nitiludidae.

3. Debido a que la entomología forense veterinaria parece ser un campo parcialmente inexplorado en nuestro país y algo inmaduro, es necesario un aumento en su visibilidad a través de las universidades y una mayor inversión en investigaciones y proyectos para formar de manera competente a los profesionales veterinarios.

11. BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFÍA

Abello, P., Alonso, M.A., Prieto, C.E., Monserrat, V.J., Marcos, M.A., Galante, A., Hormiga, G., Giribet, G., Calabuig, E.L., Espadaler, J., Ribera, C., Barrientos, J.A., Rambla, M., Iturrondobeita, J.A., Zaragoza, J.A. (2004). Curso práctico de entomología. Asociación española de entomología, 1ª ed. Jose Antonio Barrientos, Barcelona.

Ames, C., Turner, B. (2003). Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation. Medicine Veterinary Entomology, 17: 178–186.

Arkow, P., Munro, H. (2008). The veterinary profession's roles in recognizing and preventing family violence: The experiences of the human medicine field and the development of diagnostic indicators of Non-Accidental Injury. In, F.R. Ascione, ed.: International Handbook of Animal Abuse and Cruelty: Theory, Research, and Application. West Lafayette, IN: Purdue University, pp: 31-58.

Arnaldos, I., Romera, E.D., García, M., Luna, A. (2001). An initial study on the succession of sarcosaprophagous Diptera (Insecta) on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. International Journal Legal Medicine, 114: 156-162.

Arnaldos, M.I., Garcia, M.D., Romera, E., Presa, J.J., Luna A. (2005). Estimation of post mortem interval in real cases base on experimentally obtained entomological evidence. Forensic Science International, 149: 57-65.

Arnaldos, M.I., Lopez, E., Garcia, M.D. (2015). Datos preliminares sobre colonización temprana y actividades diarias de los principales dípteros sarcófagos en el suroeste peninsular. Ciencia forense, 12: 153-174.

Blanco, J. (2017). Distribución de los dípteros vectores en el suroeste español y consecuencias sanitarias debido a especies productoras de miasis invasoras y autóctonas. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

BOE (2018) Boletín oficial del estado. Código Penal Español. Artículo 337. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-25444 (última visita el 15/06/18)

Campus virtual, Universidad de Extremadura. Facultad de Veterinaria. Apuntes Ética Veterinaria, temas 11, 12 y 13.

Castelló, A., Adam, A., Francès, F. (2014). La entomología como ciencia forense: desde Sung Tz´u a las grandes granjas de cuerpos. Gaceta internacional ciencia forense, Enero-Marzo, 10: 13-28.

Castillo-Miralbés, M. (2001). Principales especies de coleópteros necrófagos presentes en carroña de cerdos en la comarca de Litera (Huesca). Graellsia, 57: 85-90.

De Pancorbo, M., Ramos, R., Saloña, M., Sánchez, P. (2006). Entomología molecular forense. Ciencia forense, 8: 107-130.

DeGue, S., DiLillo, D. (2009). Is animal cruelty a "red flag" for family violence? Investigating cooccurring violence toward children, partners, and pets. Journal of Interpersonal Violence, 24: 1036-1056.

Dekeirsschieter, J., Verheggen, F. J., Haubruge, E., Brostaux, Y. (2011). Carrion Beetles Visiting Pig Carcasses during Early Spring in Urban, Forest and Agricultural Biotopes of Western Europe. Journal of Insect Science, 11: 73.

Domínguez, M.A. (2017). Influencia de la altitud en las composiciones de comunidades de moscas necrófagas de importancia forense (Diptera: Calliphoridae) en la provincia de Napo. Tesis Grado. Universidad Católica del Ecuador.

Fremdt, H., Amendt, J. (2014). Species composition of forensically important blowflies (Diptera: Calliphoridae) and flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) through space and time. Forensic Science International, 236: 1-9.

Fresneda, J., Cárdenas, A.M., Castro A., Lencina, J.L., López, J.I. y Baena, M. (2007). Nuevos datos de los Cholevidae en la Península Ibérica (Coleoptera). Boletín asociación española de entomología, 31: 787-214.

Gail, S., Anderson, Ph.D. (2000). Minimum and Maximum Development Rates of Some Forensically Important Calliphoridae (Diptera). Journal of forensic science, 45: 824-832.
Galván, E.H. (2013). Estudio de la microbiología y entomología forense en la determinación del tiempo de muerte. Tesis Grado. Universidad Nacional Autónoma de México.
Gaminde, I. B. (2015). Sucesión de la entomofauna cadavérica en un medio montañoso del Sureste de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
Garcia, A.M., Honorato, L. (2006). La entomología forense y la práctica policial en España: estimación del intervalo post-mortem en un cadáver hallado en el interior de una arqueta en la comunidad de Madrid. Ciencia Forense, 8: 57-62.
Garcia, A.M., Honorato, L., Gonzalez, M., Téllez, A. (2009). Determinación del intervalo postmortem mediante el estudio de la sucesión de insectos en dos cadáveres hallados en el interior de una finca rústica en Madrid. Cuadernos de medicina forense, 56: 137-145.
Gennard D.E. (2007). Forensic entomology. An introduction. Forensic entomology. An introduction. 1ª ed. Wilsey (ed), West Sussex England (UK).
Gil, M., Saloña, M.I., de Pancorbo, M M. (2015). Uso de vestigios moleculares en la entomología forense. Ciencia forense. Revista aragonesa de medicina legal,12: 29-72.
Gil, M., Urtiaga, A., Martinez, M.A., Saloña, M. (2014). Protocolo de actuación para la recogida y registro de muestras entomológicas en una investigación pericial forense. Cuaderno de instituto vasco de criminología, 28: 275-286
Gómez, A., Martín, D., Baz, A., Botias, C., Día, L.M. (2007).La Entomología Forense en España: pasado, presente y perspectivas de futuro. Cuaderno medicina forense, 47: 21-31.
Itsaso, B. (2015) .Sucesión de la entomofauna cadavérica en un medio montañoso del Sureste de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
IVFSA, www.ivfsa.org. (última visita 15/06/18)
Ivorra, T. (2015). *Synthesiomyia nudiseta* (diptera muscidae) y su importancia en entomología forense e investigación aplicada. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante.
Magaña, C. (2001). La entomología forense y su aplicación a la data de la muerte. Boletín sociedad entomológica aragonesa, 28: 49-57.
Magaña, C. (2015). Problemas a resolver en la estimación de la data de la muerte mediante las evidencias entomológica. Ciencia forense, Revista aragonesa de medicina legal, 10: 11-29.
Magaña, C., Prieto, J.M. (2009). Recogida de muestras para estudio entomológico forense. Revista española de medicina legal, 35: 39-43.
Martín, D. (2011). Skipping clues: Forensic importance of the family Piophilidae (Diptera). Forensic Sciencie International, 212: 1-5.
Martín, D., Baz A. (2013). Sarcosaprophagous Diptera assemblages in natural habitats in central Spain: spatial and seasonal changes in composition. Medical and Veterinary Entomology, 27: 64–76.
Martínez-Sánchez, A., Magaña, C., Toniolo, M., Gobbi, P., Rojo, S. (2015). *Protophorbia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) a new forensic indicator to south-western Europe. Ciencia Forense, 12: 137–152.
Merck, M. (2007). Veterinary Forensics Animal Cruelty Investigations, 1ª ed. Blackwell Publishing, Nova Jersey.
Moneo, J., Saloña-Bordas, M.I. (2007). Califóridos (Diptera, Calliphoridae) de interés forense recogidos en el entorno universitario del campus de Leioa (Vizcaya, España).
Oosterbroek, P. (n.d.). The European Families of the Diptera. Leiden, The Netherlands: KNNV Publishing.
Paredes, C., Aspillagal, A. (1984). Análisis del contenido intestinal en momias. Estudios Atacameños, 7: 243-248.
Piera P, J.P. Entomología forense. http://www.luciabotin.com/publicaciones/entomologiaforense.pdf
Rebelo, M. T., Meireles, J., Moreira, A., da Fonseca, I. P.(2014). Entomologia Forense Médico-Veterinária. Revista portuguesa de ciencias veterinarias, 109: 62-69.

Ren, L., Shang, Y., Chen, W., Meng, F., Cai, J., Zhu, G., Chen, L., Wang, Y., Deng, J., Guo, Y. (2018). A brief review of forensically important flesh flies (Diptera: Sarcophagidae). Forensic Sciences Research, 3: 16-26.

Rodas, D. (2016). Propuesta de un método para la aplicación de la entomología forense en Guatemala en el procesamiento de escenas de crimen con cadáveres en procesos de descomposición. Tesis Grado. Universidad Salvador Landívar.

Scott, M.J., Pimsler, M.L., Tarone, A. M. (2014).Sex Determination Mechanisms in the Calliphoridae (Blow Flies). Sex Dev, 8: 29-37

Szpila, A. M., Jarmusz, M., Matuszewski, S. (2015). Flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) colonising large carcasses in Central Europe. Parasitology Research, 114: 2341-2348.

Tolrá, M.C. (2006). *Sarcophaga carnaria* (Linneaus) ¿Dónde estás? (Diptera, Sarcophagidae). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 38: 199-200.

Velásquez, Y., Gobbi, P., Martínez-Sánchez, A., Rojo, S. (2015). Contribución al conocimiento de los Calliphoridae y Sarcophagidae sarcosaprófagos presentes en un agrosistema del sureste de la península ibérica. Ciencia Forense, 12: 193–206.

Velásquez, Y., Vilori, A.L. (2009). Effect of temperature on the development of the Neotropical carrion beetle. *Oxylytrum discicolle* (Brullé, 1840) (Coleoptera: Silphidaes). Forensic Science International, 148: 107-109.

Zamira, S., Vanegas, Y. (2009). Entomología forense: los insectos en la escena del crimen. Cuadernos de criminología: revista de criminología y ciencias forenses, 5: 5-11.

Zanetti, N. (2013). Estudio bionómico de la coleopterofauna de interés forense en condiciones naturales y controladas en el área de bahía Blanca. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur.