Universitat de les Illes Balears

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

Estudio de la Entomofauna Cadavérica

Miguel Ángel González Estévez

Grado en Biología

Any acadèmic 2012-13

DNI de l'alumne: 43150216P

Treball tutelat per Miguel Ángel Miranda Chueca
Departament de Biologia

L'autor autoritza l'accés públic a aquest Treball de Fi de Grau.

Paraules clau del treball:
Entomología Forense, Sucesión de Fauna, *Calliphora vicina*, Intervalo Post-Mortem.

Índice

Resumen 4
Introducción 5
Material y Métodos 8
Resultados 10
Discusión 20
Agradecimientos 25
Bibliografía 25
Anexos 29

Resumen

Este es el primer estudio de sucesión de Entomofauna cadavérica llevada a cabo en Mallorca, España, usando una rata Wistar (*Rattus norvegicus* var. *albinus*) como modelo experimental. En un periodo de 39 días, se observaron 4 fases de descomposición (fresco, hinchado, activa y avanzada/momificación) y un total de 34 especies de Insectos pertenecientes a los siguientes órdenes y familias: Collembola (Entomobryidae, Sminthuridae), Dyctioptera, Diptera (Anthomyiidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Camillidae, Calliphoridae, Drosophilidae, Heleomyzidae, Muscidae, Phoridae, Psychodidae, Sarcophagidae, Scatopsidae, Sciaridae), Coleoptera (Ptiliidae, Staphylinidae), Hymenoptera (Braconidae, Diapriidae, Formicidae, Vespidae), Neuroptera (Chrysopidae) y Psocoptera (Ectopsocidae).

La familia Calliphoridae fue la más predominante durante las primeras fases de descomposición, siendo *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) la primera especie en visitar y depositar huevos sobre el cadáver. En general, se observó una sucesión marcada primariamente por la colonización de Dípteros, seguido de un incremento de Himenópteros y, finalmente, de Coleópteros, estableciéndose así como una herramienta útil para la determinación del intervalo post-mortem en periodos más largos.

Especies larvarias de Dípteros fueron recolectadas para la estimación aproximada del desarrollo del ciclo vital. De todas las larvas obtenidas, todas fueron *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) y su desarrollo completo se estableció en un periodo de tiempo de 432-480 horas (18-20 días), siendo importante para futuros establecimientos del intervalo post-mortem.

This is the first report of an Entomofauna cadaverous succession carried out in Mallorca, Spain, using a Wistar rat (*Rattus norvegicus* var. *albinus*) as a experimental model. In a period of 39 days, 4 stages of decomposition (fresh, bloated, active and advance/mummification) and a total of 34 species of Insects were observed, belonging the following orders and families: Collembola (Entomobryidae, Sminthuridae), Dyctioptera, Diptera (Anthomyiidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Camillidae, Calliphoridae, Drosophilidae, Heleomyzidae, Muscidae, Phoridae, Psychodidae, Sarcophagidae, Scatopsidae, Sciaridae), Coleoptera (Ptiliidae, Staphylinidae), Hymenoptera (Braconidae, Diapriidae, Formicidae, Vespidae), Neuroptera (Chrysopidae) y Psocoptera (Ectopsocidae).

The Calliphorid family was the most predominant during the earlier stages of decomposition, being *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) the first species to arrive and deposit eggs into the corpse. In general, a primary Diptera colonization was observed, followed by increasing of Hymenoptera and Coleoptera, establishing an ideal Insect succession for the determination of the post-mortem interval at longer periods.

To estimate the period of Diptera life cycle, maggots were collected. All species obtained were *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) and its development was established in 432-480 hours (18-20 days), being important in future establishments of post-mortem interval.

Introducción

La microsucesión ecológica se caracteriza por cambios graduales bien definidos de un microecosistema determinado. Estas modificaciones están asociadas a una serie de pautas en las que se describen cambios en las comunidades. Además, a medida que pasa el tiempo la complejidad aumenta debido al incremento en interrelaciones que se establecen entre los organismos. Se han descrito numerosos estudios acerca de este tipo de sucesión ecológica de gran importancia, entre otros, existe la microsucesión asociada a cadáveres.

Es bien conocido que la descomposición es un proceso natural cuya materia orgánica animal o vegetal vuelve al ecosistema (Olaya, 2001) en forma mineralizada debido al conjunto de procesos degradativos que llevan a cabo los organismos descomponedores. La materia orgánica procedente de un cadáver animal representa una fuente alimenticia temporal para una variedad de comunidades de organismos diferentes, siendo los insectos uno de los principales componentes en el proceso de descomposición (Richards y Goff, 1997). Debido a la secreción enzimática que las larvas proporcionan hace que los tejidos del cuerpo queden lisados, proporcionando así de forma indirecta el sustrato para la posterior intervención de microorganismos descomponedores (Galante y Marcos-García, 1997).

Además de la actividad por parte de las comunidades de organismos, el cuerpo se somete a múltiples cambios debido al proceso de autolisis del tejido, la cual está ligada a la liberación de enzimas y posterior rotura de células (Amendt et. al., 2004). A continuación, le siguen otros procesos como *algor mortis* y *livor mortis*, que se caracterizan por el descenso de la temperatura del cadáver y por el enrojecimiento del tejido, respectivamente (Amendt et. al., 2004). Además, otro signo de muerte que también acompaña a los anteriores procesos es el notable cambio que ocurre en las fibras musculares debido a la rotura de glucógeno y acumulación de ácidos grasos (Amendt et. al., 2004). En este caso, se nota una cierta rigidez del mismo cuerpo que se cataloga como *rigor mortis*. Posteriormente, se produce una pérdida de la epidermis así como la remoción de pelo y de uñas (Amendt et. al., 2004). A todo ello también se suma la distorsión del cuerpo a causa de la acumulación de gran cantidad de gases putrefactos. Finalmente, el cuerpo permanece totalmente momificado hasta llegar a la fase de esqueletización.

Según el estado de descomposición del cuerpo inanimado, se establece de forma ordenada y característica una serie de periodos de actividad o colonización de fauna sobre el mismo, siendo cambiante según las variables climatológicas que se establezcan como la temperatura, la humedad, la distribución geográfica, la vegetación circundante, la zonación, el grado de exposición al sol, la edad del cadáver así como su propio tamaño entre otros (Castillo, 2000; Wolff, 2001). Se sabe que los primeros colonizadores y descomponedores por excelencia suelen ser dípteros Califóridos (Calliphoridae) y Múscidos (Muscidae) seguido de Sarcofágidos (Sarcophagidae), quiénes van depositando los huevos o larvas (Galante y Marcos, 1997). Seguidamente, harán acto de presencia los Coleópteros como Staphylinidae, Silphidae, Histeridae y Dermestidae. Todos ellos completarán su ciclo de vida en el cadáver depredando sobre las larvas de Dípteros o bien alimentándose de los restos del mismo cuerpo. Asimismo, el reconocimiento de la fauna presente e involucrada en la descomposición, así como el establecimiento en un tiempo determinado de los estados adultos y el conocimiento de las tasas de desarrollo pueden posibilitar un indicio aproximado de la fecha de muerte, también denominada intervalo post-mortem (Fig. 1) (Smith, 1986; Higley, L.G y Haskell, N.H., 2000; Wolff, 2001; Beltrán y Villa, 2011).

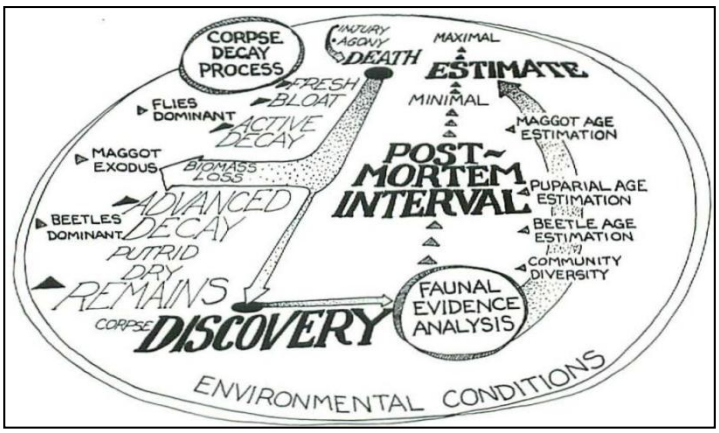


Fig. 1. Esquema general del indicio de la fecha de muerte basada en el proceso de sucesión en un cadáver. (Catts, 1992)

Es importante señalar que no toda la fauna presente en el cadáver se alimenta del mismo (Wolff, 2001), si no que cada uno de ellos consta de una categorización ecológica. Basado en esto, se han reconocido para la comunidad presente de Insectos sobre el cadáver cuatro categorías ecológicas (Smith, 1986; Campobasso et. al., 2001; Amendt et. al., 2004): las especies necrófagas, que son aquellas que se alimentan del cadáver; las especies depredadoras y parásitas de especies necrófagas, cuya alimentación se basa en especies necrófagas; las especies omnívoras, aquellas que se nutren tanto del cadáver como los colonizadores de la misma; y por último las especies oportunistas que aprovechan el espacio para alojarse. De todas las agrupaciones posibles, los órdenes más destacables suelen ser Dípteros, Coleópteros e Himenópteros, cuya abundancia y funcionalidad ecológica de cada uno de ellos es variable y considerablemente interrelacionada.

La entomología forense es una rama de la ciencia forense que se centra en el estudio biológico y ecológico de la fauna de Insectos y de otros Artrópodos presentes en un cadáver para resolver casos legales (Castillo, 2001; Hall, 2001; Matuszewski et. al., 2008). Dentro del ámbito legal, posee varias aplicaciones que van desde la utilización de los Insectos para determinar la causa y lugar de la muerte, desplazamiento del cadáver desde la zona de muerte, hasta el envenenamiento del mismo cuerpo (Castillo, 2000). No obstante, la aplicación más importante es el de descifrar el tiempo transcurrido desde que el cuerpo perdió su vida hasta que fue localizado o lo que es lo mismo, el intervalo post-mortem (PMI).

Existen dos métodos que se pueden usar de forma conjunta para determinar la datación de la muerte: el primero se basa en aquellos casos en que haya transcurrido poco tiempo como la tasa de desarrollo de las larvas de los Dípteros asociadas al cadáver. Mientras que si ha transcurrido más tiempo, se utiliza la sucesión de insectos en el cuerpo y se compara con otros patrones conocidos para ese mismo hábitat o condiciones similares (Castillo, 2000; Ginna, 2005). En general, cuando el cadáver es encontrado en un largo periodo de tiempo después de la muerte, la temperatura corporal y las condiciones tales como *rigor mortis* y *livor mortis* dejan de ser apropiadas para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte (Amendt et. al., 2004). Por ello, en las ciencias forenses los Insectos proporcionan una buena herramienta para establecer el intervalo post-mortem.

Para comprender el origen de esta disciplina cabe remontarse al siglo XIII en China, cuando se documentó por primera vez un caso reportado por el abogado e investigador Sung Tzu en un libro titulado Hsi yüan chi lu (Benecke, 2001). Asimismo, durante la época medieval todavía se desconocía la correlación entre la presencia de las larvas sobre el cadáver y la oviposición de las moscas, por lo

que aún prevalecía la idea de la generación espontánea (Amendt et. al., 2004) hasta los trabajos de Francesco Redi. Sin embargo, numerosas ilustraciones realísticas y detalladas de ese mismo proceso natural fueron realizadas en la misma época. Aún así, no se comenzó a comprender mejor la metamorfosis de los Insectos hasta las aportaciones realizadas por Steven Blankaart durante el siglo XVII (Amendt et. al., 2004).

Dos siglos más tarde, se empezó a recopilar una lista de insectos necrófagos en las que se incluían moscas, escarabajos y otros taxones; aunque nunca se llegó a vincular ninguna aplicación práctica para la estima del tiempo de muerte (Amendt et. al., 2004; Gómez et. al., 2007). Asimismo, Louis François Étienne Bergeret fue quien reportó el primer caso de entomología forense moderna en el que se incluía la estimación del intervalo post-mortem (Benecke, 2001; Gómez, 2007). A finales de ese mismo siglo, George P. Yovanovich y Jean Pierre Mégnin fueron los primeros examinadores forenses que trataron de evaluar la sucesión de insectos en cadáveres, resaltando así la utilidad de la entomología en las prácticas médico legales (Amendt et. al., 2004; Gómez et. al., 2007). Además, también se destacó la publicación del libro de *La Faune des Cadavres* realizado por Mégnim, en el que se trataron las formas larvarias y adultas de un número de familias así como diversas ilustraciones de la anatomía de los Insectos para la identificación (Fig. 2) (Benecke, 2001).

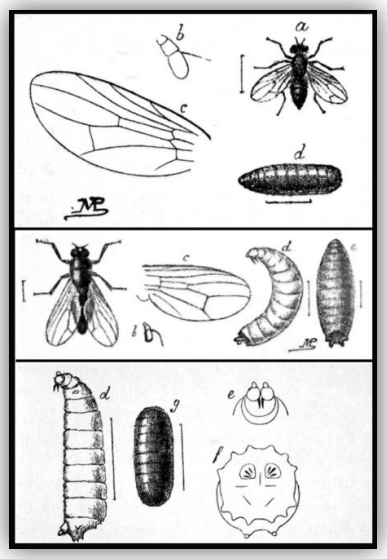


Fig. 2. Ilustraciones realizadas por Jean Pierre Mégnin en "*La Faune des Cadavres*". Nótese la venación alar, los espiráculos posteriores de las larvas y las pupas, y ciertos rasgos anatómicos de cada una de las especies.

Durante el siglo XX, época en la cual se retomó la entomología forense (Arnaldos, 2000), Marcel Leclercq y Pekka Nuorteva fueron los primeros en usar esta disciplina para la determinación del intervalo post-mortem en Europa (Amendt et. al., 2004). En general, se hicieron numerosos estudios enfocados a dos vías diferentes: una en el estudio de la sucesión de las especies implicadas y la otra en su aplicación en casos medico-legales (Arnaldos, 2000). Actualmente la entomología forense está siendo reconocida en muchos países como una herramienta importante dentro del campo de la medicina legal (Amendt et. al., 2004) y, además, uno de los muchos retos planteados es el de equiparar los resultados obtenidos en las investigaciones con casos reales y de ahí hacer una buena estimación del intervalo post-mortem.

A pesar de ser una disciplina bastante joven, en España algunos autores como Mateo José Bonaventura Orfila también dejaron constancia de la presencia de Insectos, especialmente de Dípteros, en cadáveres aunque sin adentrarse mucho en buscar alguna aplicación medico-legal a ello (Gómez et.

al., 2007). No obstante, Mariano de la Paz Graells fue el primer español en profundizarse más desde el punto de vista aplicado, resaltando la utilidad de la entomología en las prácticas médico legales.

En general, los trabajos de investigación llevados a cabo en España sobre la fauna de interés forense han sido realmente escasos y muy influenciados por los trabajos de Mégnin sin llegar a aportar nuevos datos (Arnaldos, 2000). No obstante, aunque ya son varios los grupos investigadores que actualmente trabajan sobre esta disciplina, todavía escasean algunos aspectos importantes como el estudio y la aplicación de la misma disciplina sobre diferentes zonas geográficas de España.

Los objetivos del presente estudio fueron el de determinar la entomofauna sucesional asociada a las diferentes fases de descomposición del cadáver de una rata Wistar (Fam: Muridae, *R. norvegicus* var. *albinus*) y el de establecer una estimación aproximada del desarrollo desde el huevo hasta el adulto para futuras aplicaciones del intervalo post-mortem.

Material y Métodos

El presente estudio fue realizado en Ca's Valencià, propiedad del laboratorio de Zoología en la Universitat de les Illes Balears (coordenadas: latitud 39°38'8.98" N; longitud: 2°38'34.47" E, con una altitud media de 73 m, precipitación media de 481,6 mm y temperatura media anual de 17,3 ºC.) (Fig. 3), durante el otoño del año 2012, en el periodo comprendido desde el día 23 de octubre hasta 30 de noviembre.

Fig. 3. Zona de estudio Ca's Valencià (Universitat de les Illes Balears, España).

Para desarrollar el experimento se adquirió del centro estabulario de la Universitat de les Illes Balears una rata Wistar hembra (*R. norvegicus* var. *albinus*, Fam: Muridae) de unos 390 g. Antes de instalarla en la zona de estudio fue sacrificada mediante anoxia con gas CO_2. Posteriormente, fue colocada en un terreno húmedo sin cubierta vegetal, bajo la sombra y protegida con una jaula de malla metálica de 55cm x 33cm x 33cm para evitar que posibles depredadores carroñeros se alimentaran de ella (Fig. 4).

Fig. 4. Rata protegida con una jaula de malla metálica y la trampa situada en la parte apical.

Los muestreos se realizaron diariamente durante todo el experimento a excepción de los fines de semana. En cada una de las visitas, la temperatura ambiental y la temperatura de la rata fueron registradas con un medidor de temperatura. Se realizó una tabla comparativa de temperaturas en el que también se incluyeron registros de la estación meteorológica de la Universidad (fuente perteneciente a la Agencia Estatal de Meteorológica, Gobierno de España) que fueron cedidos por la Oficina de Gestión Ambiental y Sostenibilidad (OGas).

Para determinar la entomofauna presente en el cadáver fue necesario la utilización de una trampa doméstica formada por una red que envolvía la parte apical de la jaula protectora y en cuya parte terminal acababa en una botella de plástico dispuesta en forma de embudo (Fig. 4). Además, para capturar a los Insectos adultos y las larvas presentes en las inmediaciones y en el cadáver fueron utilizados un aspirador de boca y pinceles, respectivamente. Asimismo, para realizar una toma fotográfica a cada individuo presente en el cadáver así como un seguimiento fotográfico de la rata para definir el estado de descomposición fue usado una cámara del modelo Casio Exilim EX – Z28®.

Cada individuo adulto colectado tanto de la trampa como *in situ* se sacrificó por congelación y se preservó con su correcta etiquetación en etanol 70% o bien se mantuvo en el congelador para su posterior determinación taxonómica. Algunas especies fueron montadas en seco y conservadas en cajas entomológicas para su posterior clasificación.

Durante la misma fase de campo, se colectaron estados inmaduros presentes en cada una de las oberturas naturales (ojo, boca, nariz, orejas y ano), que posteriormente fueron cultivadas en el evolucionario a temperatura constante (25 ºC) para su ulterior identificación (Fig. 5). De todas las larvas recogidas, las cuatro primeras fueron usadas para determinar el tiempo de desarrollo. Las larvas se depositaron por separado en una placa de Petri con tierra extraída de Green Plants Mantillo ® y con un trozo de hígado de pollo previamente congelado (Fig. 5). En cada muestra se anotó la fecha de recogida de la larva, el día en que se transformó en estado de pupa y, finalmente, la fecha en que el adulto emergió. Posteriormente, se sacrificaron por congelación y se conservaron en el congelador con su correcta etiquetación para su determinación.

Fig. 5. Mantenimiento a 25ºC de los estados inmaduros en placas de Petri con trozos de hígado de pollo.

Los Insectos son poiquilotermos y no pueden controlar su temperatura interna (Gennard, 2007). De esta manera, para alcanzar una determinada etapa del ciclo vital dependen, entre otros, de la energía del entorno o, lo que es lo mismo, de las unidades térmicas para crecer y desarrollarse. Estas mismas unidades junto con el tiempo de desarrollo empleado para pasar de un estadio a otro pueden expresarse en grados días acumulados y en grados horas acumulados (ADD y ADH, respectivamente). Para estimar los grados horas acumulados (ADH) se usó la fórmula descrita por Ames, C. y Turner, B. (2003), considerándose tan sólo la temperatura de desarrollo a 25ºC y el tiempo de desarrollo (h).

La proporción relativa de las especies de interés faunístico, la elaboración de tablas con registros de temperatura y humedad relativa, y la ordenación taxonómica de la entomofauna presente en el cadáver así como la elaboración de cálculos fueron realizadas con el programa Microsoft Office Excel ®.

Resultados

De la entomofauna cadavérica presente desde el inicio del experimento hasta el final, periodo en el cual sucedió el estado de descomposición, fueron catalogadas un total de 34 especies pertenecientes al fílum Hexapoda, estando repartidas en 7 órdenes diferentes y en 26 familias: Collembola (Entomobryidae, Sminthuridae), Dyctioptera, Diptera (Anthomyiidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Camillidae, Calliphoridae, Drosophilidae, Heleomyzidae, Muscidae, Phoridae, Psychodidae, Sarcophagidae, Scatopsidae, Sciaridae), Coleoptera (Ptiliidae, Staphylinidae), Hymenoptera (Braconidae, Diapriidae, Formicidae, Vespidae), Neuroptera (Chrysopidae) y Psocoptera (Ectopsocidae) (Tabla 1).

Tabla. 1. Entomofauna presente en el cadáver de *R.norvegicus* var. *albinus* (Fam: Muridae).

Phylum Arthropoda
Subphylum Unirramia
Clase Insecta
Orden Collembola
Familia Entomobryidae
Familia Sminthuridae
Orden Psocoptera
Familia Ectopsocidae
Orden Neuroptera
Familia Chrysopidae
Chrysopa septempunctata (Wesmael, 1841)

Orden Dyctioptera
Orden Coleoptera
- Familia Ptiliidae
- Familia Staphylinidae

Orden Hymenoptera
- Familia Braconidae
- Familia Diapriidae
- Familia Formicidae
  - *Aphaenogaster senilis* (Mayr, 1853)
  - *Messor structor* (Latreille, 1798)
  - *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849)
- Familia Vespidae
  - *Vespula germanica* (Fabricius, 1793)

Orden Diptera
- Familia Anthomyiidae
  - *Anthomyia pluvialis* (Linnaeus, 1758)
- Familia Cecidomyiidae
- Familia Ceratopogonidae
  - *Atrichopogon* sp.
- Familia Chironomidae
- Familia Camillidae
  - *Camilla* sp.
- Familia Calliphoridae
  - *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
  - *Phaenicia sericata* (Meigen, 1826)
- Familia Drosophilidae
  - *Scaptomyza* sp.
- Familia Heleomyzidae
  - *Suillia* sp.
  - *Tephrochlamys* sp.
- Familia Muscidae
  - *Alloeostylus* sp.
  - *Helina sp.*
  - *Phaonia subventa* (Harris, 1780)
- Familia Phoridae
  - *Apiochaeta* sp.
- Familia Psychodidae
  - *Psychoda phalaenoides* (Linnaeus, 1758)
- Familia Sarcophagidae
  - *Sarcophaga haemorrhoidalis* (Fallén, 1817)
- Familia Scatopsidae
  - *Scatopse* sp.
- Familia Sciaridae

Del conjunto, se registró en mayor riqueza de especímenes el orden Díptera (59%) e Hymenoptera (17%) seguido por varios órdenes como Coleoptera, Collembola y Dyctioptera (6%). Finalmente, tan sólo el 3% de la fauna total presente en el cadáver representó a cada uno de los órdenes Neuroptera y Psocoptera (Fig. 6).

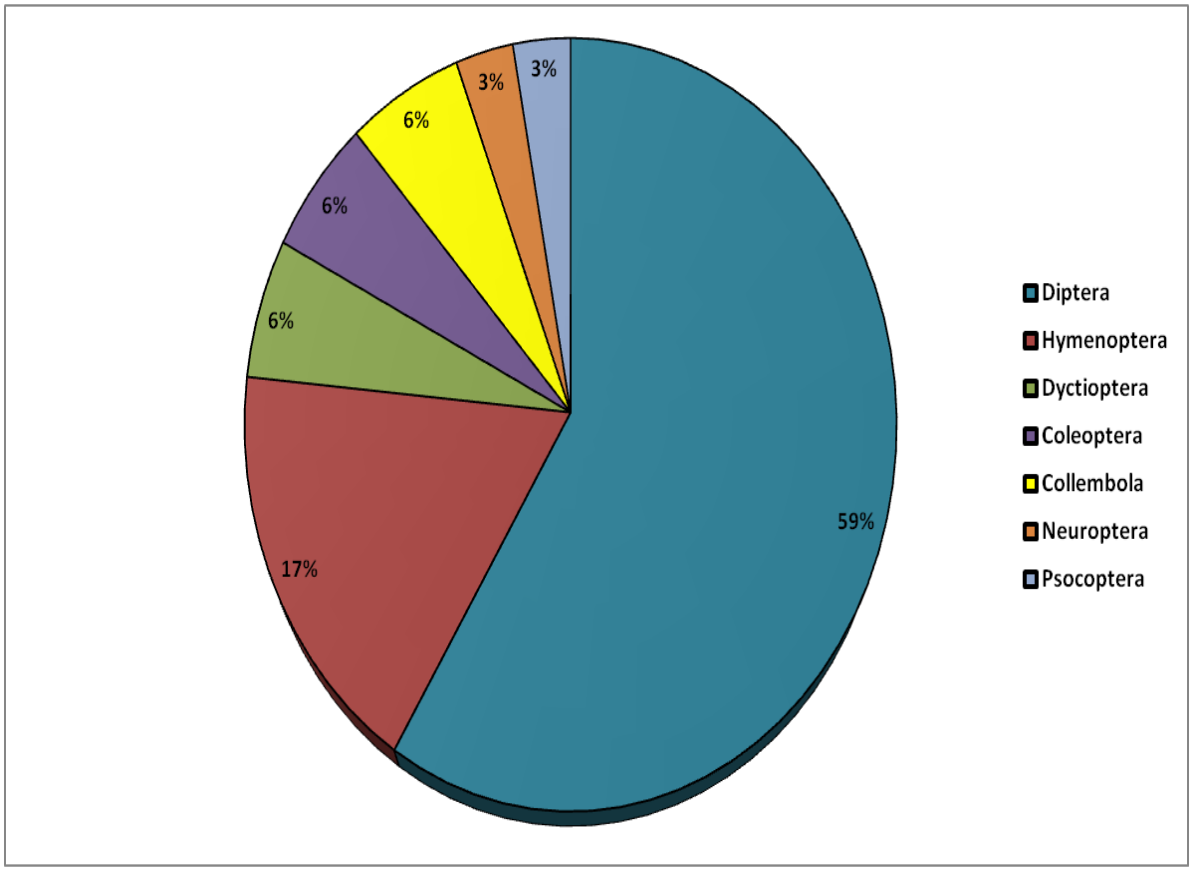


Fig. 6. Representación de la fauna total acompañante en el cadáver de una rata.
Nótese que hay una mayor proporción de especies en Diptera.

En cuanto a abundancia de especies, el orden Diptera fue notablemente mayor al resto, siendo la familia Calliphoridae y Muscidae los principales representantes del mismo grupo taxonómico. Asimismo, el orden Hymenoptera también se mostró muy característico durante todo el experimento, en especial atención a la familia Formicidae. Mientras que en Coleoptera, a pesar de haber formado un 6% del total de especies catalogadas, la abundancia de ésta también fue considerable.

Para las condiciones ambientales propias de la zona en dónde se llevo a cabo dicho estudio, la duración total de la descomposición del cadáver de la rata Wistar fue de 39 días. Haciendo un seguimiento continuo del estado de la misma, se descifraron cuatro fases de descomposición: estado fresco, estado hinchado, estado de descomposición activa y, finalmente, estado de descomposición avanzada/momificación (Fig. 7). En cada uno de ellos, el periodo de duración fue diferente y, además, se fue mostrando cierta variabilidad en el estado de la rata así como en la temperatura corporal con respecto a la del ambiente y en la sucesión de insectos (Anexos I, II, III).

Fig. 7. Representación de los diferentes estadios de descomposición: fresco (día 0), hinchado (día 6), activa (día 16) y avanzada (día 38), respectivamente.

Según las diferentes categorías ecológicas que se pueden dar en un cadáver, se identificaron las cuatro agrupaciones descritas por Smith (1986), siendo las especies necrófagas y omnívoras las que se observaron en mayor proporción. Asimismo, también se notaron especies que usaron de forma puntual el medio circundante o el mismo cadáver para establecerse y, en menor medida, aquéllas cuya funcionalidad era depredadora y parásita de especies necrófagas.

Estado fresco

De acuerdo con el estado de descomposición de la rata, este proceso tuvo una duración aproximada de 4 días. Durante este periodo no se detectó ningún desprendimiento de olores asociados a las reacciones químicas internas. Cabe remarcar que en el día 2 se encontró una región del cuerpo del animal que había sido sometida a alguna acción (Fig. 8). A partir del tercer día, la hinchazón causada por la descomposición se hizo evidente, especialmente en la región bucal, así como la rigidez y el cambio en la coloración del animal.

Fig. 8. Modificación notable realizada por algún insecto sobre el abdomen.

Durante el primer día la temperatura de la rata permaneció ligeramente por encima de la temperatura ambiental, siendo 24,7 ºC la temperatura del animal y 21,9 ºC la temperatura del medio justo en el momento de dejarla en la región (Anexo II). No obstante, se observó una disminución de la temperatura corporal durante los siguientes días, estableciéndose esta vez por debajo y de forma

paralela a la temperatura registrada tanto en la misma zona de estudio como las que se registraron en la estación meteorológica (Anexo II).

A los pocos minutos de depositar la rata, se notó de forma inmediata la presencia de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830). Se observó que los primeros especímenes de la misma especie se alimentaban del jugo salivar de la cavidad bucal y por la región ocular de la rata sin llegar a poner huevos. Más tarde, a los primeros 15 minutos, empezaron a depositarlos sobre los ojos, por alrededor del abdomen, por la zona del ano e incluso sobre la cavidad bucal (Fig. 9). Además, la especie *Anthomyia pluvialis* (Linnaeus, 1758) también estuvo presente durante unos minutos aunque no se observó ninguna acción de deposición de huevos.

Fig. 9. *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) depositando huevos sobre la cavidad bucal de la rata.

A partir del día 2, se empezaron a ver larvas L1 de Dípteros necrófagos situadas por los distintos orificios naturales. También se destacó la fuerte actividad omnívora de Formícidos, en los que se llegaron a alimentar tanto de la rata como de las larvas, llegando a afectar a la proporción de las mismas en el cadáver. No obstante, a pesar de haber notado la presencia de individuos parasitoides, como es el caso de la familia Diapriidae (Anexo III), no se llegó a detectar ninguna acción de parasitación sobre las larvas.

En dos ocasiones, se detectó a la familia Sarcophagidae, especialmente a *Sarcophaga haemorrhoidalis* (Fallen, 1817) (Anexo III). Además, *Phaonia subventa* (Harris, 1780) apareció en abundancia durante este periodo de descomposición (Anexo III).

De los órdenes de interés para este estudio (Diptera, Hymenoptera y Coleoptera), fueron recolectadas un total de 11 especies diferentes, de los cuales el 55% de riqueza relativa pertenecían a Diptera y un 45% para Hymenoptera (Fig. 10; Anexo I). Sin embargo, no se observó ninguna especie asociada al orden Coleoptera (Fig. 10; Anexo I). Del 55% obtenido en Dípteros, las especies más abundantes fueron en mayor medida *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) seguida de *P. subventa* (Harris, 1780) y *A. pluvialis* (Linnaeus, 1758). En cuanto a Hymenoptera, la abundancia de Formicidae fue notablemente superior al resto de familias.

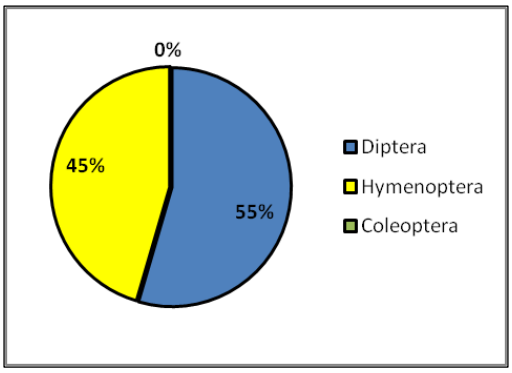


Fig. 10. Porcentaje de la riqueza relativa de los órdenes de mayor importancia.

Estado hinchado

La duración de esta fase fue de 4 días. En este mismo periodo se detectó un fuerte olor e hinchazón por todo el cuerpo del cadáver a causa del conjunto de reacciones químicas llevadas a cabo por las bacterias y, sobretodo, debido a la gran acumulación de gases que se proporcionó. Además, dicha modificación se hizo más notable en la cavidad bucal. Cabe remarcar que todo el fluido corporal se desprendió, llegando a quedar todas las vísceras expuestas al exterior (Fig. 7).

La temperatura corporal de la rata se mantuvo durante este periodo de tiempo, especialmente los días 6 y 7, por encima de la temperatura ambiental registrada, siendo la diferencia media entre ambas de 1,21 ºC (Anexo II). A final de esta misma fase, se caracterizó por la llegada de fuertes lluvias y vientos que llegaron a desplazar a la rata de la zona central y a humedecer notablemente el suelo.

A pesar de las condiciones climáticas, durante los dos únicos días de muestreo se registró la mayor actividad larvaria entre los días 6 y 7. Se describió grandes masas larvarias de diferente estado de madurez (L2-L3) situadas por todo el cadáver y medio circundante. Cabe destacar que, de las que se depositaron en la rata, la mayoría estuvieron alimentándose de las vísceras que habían salido al exterior.

En general, se notó poca actividad de Insectos adultos por el cuerpo (Anexo III). Aún así, se detectó la presencia de individuos adultos de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) y de *A. pluvialis* (Linnaeus, 1758), apareciendo éste último en los dos días de recolecta (Anexo III). Asimismo, cabe denotar también la presencia de varias especies como *P. subventa* (Harris, 1780) y *Psychoda phalaenoides* (Linnaeus, 1758) (Fam: Psychodidae) (Anexo III).

A diferencia de la anterior fase de descomposición, apenas se destacó actividad por parte de los formícidos, no siendo así para *Messor structor* (Latreille, 1798). Aunque cabe destacar que la abundancia de las mismas no fue muy elevada, tampoco se observó ninguna acción sobre la deposición de contenidos internos de la rata y sobre los estados inmaduros. Por otra parte, no se apreció ninguna especie parásita de larvas necrófagas.

Del total de 5 especies recolectadas de fauna de interés en esta fase de descomposición, el 80% de riqueza relativa fue del orden Diptera y el restante perteneció a Hymenoptera (Fig. 11; Anexo I). Al igual que el registro del periodo anterior, no se observó ninguna especie asociada a Coleoptera (Fig. 11; Anexo I; Anexo III). De todo el conjunto de especies inmaduras y maduras descritas, la más abundante fue de nuevo *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830). Además, de los estados inmaduros recolectados dentro de este mismo periodo, todos pertenecían a la misma especie (Tabla 1; Anexo III).

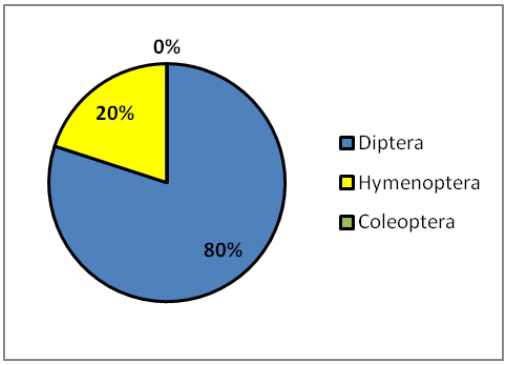


Fig. 11. Porcentaje de la riqueza relativa de los órdenes más representativos.

Tabla. 1. Mantenimiento de las larvas recolectadas en el evolucionario a 25ºC. Nótese que los números englobados en un paréntesis corresponden a la fecha de muestreo.

Establecimiento de larvas en el evolucionario			
Estadio			Especie
Larva	Pupa	Adulto	
26/10/2012 (3)	02/11/2012 (10)	<12/11/2012 (<20)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
26/10/2012 (3)	02/11/2012 (10)	<12/11/2012 (<20)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
26/10/2012 (3)	02/11/2012 (10)	<12/11/2012 (<20)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
26/10/2012 (3)	02/11/2012 (10)	<12/11/2012 (<20)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
29/10/2012 (6)	02/11/2012 (10)	14/11/2012 (22)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
29/10/2012 (6)	05/11/2012 (13)	12/11/2012 (20)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
29/10/2012 (6)	05/11/2012 (13)	14/11/2012 (22)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
29/10/2012 (6)	05/11/2012 (13)	14/11/2012 (22)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
29/10/2012 (6)	05/11/2012 (13)	13/11/2012 (21)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
31/10/2012 (8)	05/11/2012 (13)	15/11/2012 (23)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
31/10/2012 (8)	06/11/2012 (14)	15/11/2012 (23)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
31/10/2012 (8)	05/11/2012 (13)	15/11/2012 (23)	*Phaenicia sericata* (Meigen, 1826)
31/10/2012 (8)	06/11/2012 (14)	15/11/2012 (23)	*Phaenicia sericata* (Meigen, 1826)
31/10/2012 (8)	05/11/2012 (13)	15/11/2012 (23)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
31/10/2012 (8)	05/11/2012 (13)	15/11/2012 (23)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
05/11/2012 (13)	<12/11/2012 (<20)	20/11/2012 (28)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
05/11/2012 (13)	09/11/2012 (17)	X	X
05/11/2012 (13)	<12/11/2012 (<20)	20/11/2012 (28)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
05/11/2012 (13)	<12/11/2012 (<20)	20/11/2012 (28)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
07/11/2012 (15)	12/11/2012 (20)	23/11/2012 (31)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)
07/11/2012 (15)	<12/11/2012 (<20)	21/11/2012 (29)	*Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)

Estado descomposición activa

Este estado se estableció en un periodo aproximado de 9 días. Durante los primeros días no se presenció ningún tipo de olor asociado al cadáver. No obstante, a mitad de fase se notó un fuerte olor fúngico proveniente de los hongos establecidos en la parte lateral. En general, el cuerpo perdió constitución así como gran parte de pilosidad. Las vísceras permanecieron en menor proporción debido a la consumición por parte de las larvas necrófagas y, además, todo el tegumento del cadáver quedó endurecido.

Así como en la fase de hinchado la temperatura de la rata fue superior a la temperatura ambiental debido a la fuerte actividad metabólica de las larvas y por los gases ocasionados, en este caso la temperatura corporal volvió a establecerse por debajo de la temperatura ambiental de la zona de estudio (Anexo II). La oscilación de ambas temperaturas fue totalmente idéntica y, además, hubo varios episodios de lluvias no muy intensas en los días 8 y 14 que hicieron que el cuerpo se rehidratase.

La actividad larvaria continuó realizándose hasta el día 16 (Anexo III), fecha a partir del cual se empezó a observar una actividad migratoria de las mismas. De las larvas presentes, la gran mayoría

fueron de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), hecho que se confirmó con los resultados obtenidos en el evolucionario (Tabla 1; Anexo III). No obstante, cabe señalar también la aparición de estados inmaduros de *Phaenicia sericata* (Meigen, 1826) (Tabla 1; Anexo III).

En general, fue un periodo bastante activo en el que se encontró todos los órdenes posibles (Anexo I; III). En primer lugar, se destacó la gran abundancia de Collembola por el terreno y sobre el cuerpo. El número de apariciones de especies de Dípteros incrementó de forma considerable con respecto a las dos fases de descomposición anteriores (Anexo I), siendo Anthomyiidae, Chironomidae, Calliphoridae, Heleomyzidae y Muscidae las familias más representativas (Anexo III). De igual forma ocurrió en las tres especies de Formícidos, quienes aumentaron su actividad omnívora. En este caso, cabe destacar que se estableció una fuerte relación de competencia por el alimento, especialmente entre *Aphaenogaster senilis* (Mayr, 1853) y *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849) (Fig. 12). Por otra parte, varias familias menos representativas también estuvieron presentes, como es el caso de Chrysopidae y Ectopsocidae (Anexo III).

Fig. 12. Relación de competencia entre individuos de *A. senilis* (Mayr, 1853) y *P. pallidula* (Nylander, 1849).

Al final de esta etapa, numerosos Coleópteros de pequeño tamaño (>10mm) de la familia Staphylinidae aparecieron bajo el cadáver e inmediaciones.

En total se recolectaron 18 especies diferentes de los órdenes de interés, de las cuales un 78% fueron del orden Diptera, 17% pertenecieron a Hymenoptera y un 5% a Coleoptera (Fig. 13; Anexo I). A diferencia de los ciclos anteriores, se obtuvo por primera vez un pequeño porcentaje de Coleópteros. Aún así la riqueza de especies permanecía por debajo de los otros dos órdenes de interés. En este caso, las familias Formicidae, Calliphoridae y Muscidae se presentaron en mayor abundancia.

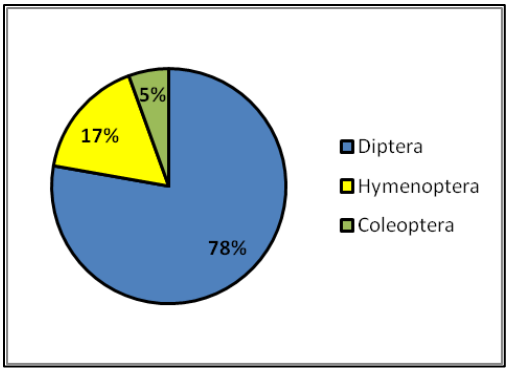


Fig. 13. Porcentaje de la riqueza relativa de los órdenes más representativos del tercer estado de descomposición.

Estado descomposición avanzada/momificación

La última fase de descomposición tuvo lugar en un periodo aproximado de 22 días. El cuerpo de la rata yacía totalmente momificado y aplanado. Se destacó la visualización de determinadas regiones totalmente descompuestas como es el caso de la parte torácica y de la región bucal. Tal y como ocurrió en el anterior estado, también se describieron fuertes olores asociados a hongos.

Apenas hubo oscilaciones destacables en cuanto a la temperatura corporal y temperatura ambiental. Ésta primera se mantuvo durante todo el transcurso por debajo de los registros obtenidos en la zona. No obstante, al final de fase se describió un incremento de la humedad relativa acompañado de un descenso considerable de la temperatura ambiental (Anexo II).

No se apreció ninguna larva sobre el cadáver. No obstante, sí que se pudo comprobar que alguna de ellas permanecía resguardada sobre el terreno e incluso fuera del mismo lugar. En los días 20, 27, 28, 29, 30, 31 y 34 se encontraron un gran nombre de individuos de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) en estado adulto, especialmente el día 34 (Fig. 14). Según los datos obtenidos en el evolucionario, el paso del estado de pupa al estado adulto pertenecientes de aquellas larvas que fueron recogidas en los días 13 y 15 coincidió con lo registrado en la zona de estudio (Tabla.1; Anexo III). De igual forma, todas ellas pertenecían a la misma especie, *C. vicina* (Robineau-Desvoidy).

Fig. 14. Numerosos individuos de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) recién salidos del estado de pupa. Nótese el escaso desarrollo de las alas y coloración.

Se hizo evidente la permanencia de especies pertenecientes a la familia Staphylinidae y, además, éstas estuvieron casi durante toda la fase y en mayor proporción (Anexo III). Por otra parte, la familia Ptiliidae también estuvo presente. En cuanto al resto de organismos descritos, los Formícidos estuvieron en menor cantidad a la obtenida en la fase de descomposición activa, no siendo así para los Colémbolos que se mostraron muy activos sobre el cadáver (Anexo III).

Las familias Anthomyiidae, Camillidae, Cecidomyiidae, Chrysopidae, Heleomyzidae y Psichodidae volvieron a reaparecer y, además, se describió por primera vez el establecimiento de la familia Ceratopogonidae y la aparición de otra especie de Dyctioptera (Anexo III).

En cuanto a los órdenes de interés, fueron recolectadas 16 especies diferentes de las cuales un 62% estuvieron asociadas al orden Diptera, un 25% pertenecieron a Hymenoptera y un 13% a Coleoptera (Fig. 15; Anexo I). En general, el número de Dípteros fue inferior a lo obtenido en la fase de descomposición activa, no siendo así para los Coleópteros. Asimismo, la proporción relativa de Hymenoptera fue ligeramente idéntica al ciclo anterior.

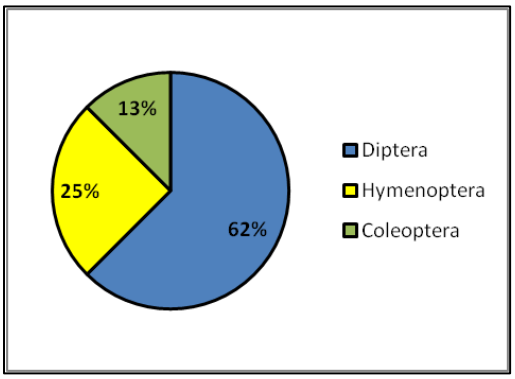


Fig. 15. Porcentaje de la riqueza relativa de los órdenes más representativos del cuarto estado de descomposición.

Desarrollo a 25ºC

El tiempo de desarrollo desde la fase de huevo hasta la fase de adulto fue aproximadamente de entre 432-480 horas (18-20 días) (Tabla 2), siendo el margen de error de 2 días, un mínimo valor total de 10800 ADH y máximo valor total de 12000 ADH a temperatura constante de 25ºC.

Durante los dos primeros días de muestreo (días 0 y 1), tiempo en el que se realizaron las primeras puestas, la temperatura ambiental de la zona fue del orden de 21,9ºC y 22,5ºC (Anexo II), respectivamente. Sin embargo, no fue hasta el día 2 cuando se empezó a observar las larvas L1, por tanto, teniendo en cuenta que la temperatura registrada en el entorno fue muy semejante a la temperatura constante establecida en el evolucionario y suponiendo que las primeras larvas recolectadas aparecieron en los días 2 ó 3, el periodo de duración desde los huevos hasta las larvas se estableció entre 24-48 h. De esta forma, para esta misma fase se registró un mínimo valor de 600 ADH y un máximo ADH de 1200 (Tabla 2).

El tiempo aproximado que transcurrió del estado larvario (L1-L2-L3) al estado de pupa fue de 192 h (8 días), siendo 4800 ADH la proporción necesaria para pasar del mismo estado al siguiente (Tabla 2). Además, se pudo notar que el tiempo requerido fue menor que el establecido entre la fase de pupa y adulto (Tabla 2).

Finalmente, el periodo de tiempo que se obtuvo de la fase de pupa al estadio adulto fue de entre 216-240h (9-10 días) (Tabla 2), siendo un valor de ADH comprendido entre 5400-6000.

Tabla 2. Tiempo de desarrollo (h), tiempo acumulativo de desarrollo (h), grados días acumulados (ADH) y sumatorio de grados días acumulados (ΣADH) de los diferentes estadios de *C. vicina* (Robineau-Desvody, 1830) a 25ºC.

***C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830)**						
Estadio						
De	**a**	**Temperatura (ºC)**	**Tiempo (h)**	**Σ Tiempo (h)**	**ADH**	**ΣADH**
Huevo	Larva	25	24-48	24-48	600-1200	600-1200
Larva	Pupa	25	192	216-240	4800	5400-6000
Pupa	Adulto	25	216-240	432-480	5400-6000	10800-12000

Discusión

Se sabe que los Insectos necrobiontes son uno de los componentes más importantes en la descomposición de un cadáver (Marchenko, 2001). El primer orden de importancia está representado por familias del orden Diptera, como por ejemplo: Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae, Heleomyzidae, Phoridae y Piophilidae (Marchenko, 2001). Además, el segundo orden representativo está formado por numerosas familias de Coleoptera, como son el caso de: Silphidae, Dermestidae, Histeridae y Staphylinidae (Marchenko, 2001). En el presente estudio realizado por primera vez en Mallorca, se pudo comprobar la presencia de numerosas familias de mayor interés faunístico como Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae, Heleomyzidae, Phoridae y Staphylinidae.

En general, la colonización de artrópodos observada durante este estudio siguió un patrón bastante parecido al resto de investigaciones documentadas (Olaya, 2001; Wolff et. al. 2001; Salazar, 2006; Feugang et. al. 2011) en el que caracterizan a Diptera como los primeros en colonizar el cadáver seguido de un incremento de Hymenoptera y, finalmente, de individuos Coleoptera.

El periodo de descomposición observado fue de 39 días y se catalogó los diferentes estadios de descomposición en función a las características físicas del cadáver así como el estado de sucesión de los Insectos. Según la nomenclatura recomendada para los entomólogos forenses internacionales (Smith, 1986; García, 2004), el proceso de descomposición se divide en cinco fases: fresco, hinchado/enfisematoso, descomposición activa/licuefacción, descomposición avanzada y esqueletización/restos secos. Para este estudio, se describieron cuatro fases de descomposición, siendo en algunos casos difíciles de distinguir, en especial atención a la última fase, en el que la piel de la rata permaneció endurecida y en cuyo interior de la misma tan sólo quedaban huesos. Por tanto, se consideró esta última etapa como fase de descomposición avanzada/momificación.

Se registró un periodo total de descomposición para la rata Wistar de 39 días, en otros casos reportados el proceso completo resultó en 20 días en Colombia (Beltrán y Villa, 2011) y en 77 días en África (Feugang et. al. , 2011). Esta diferencia observada es debido a que la tasa de descomposición depende de muchos factores, tales como las condiciones bióticas y abióticas del hábitat, tamaño de los cuerpos así como el peso del propio animal (Matuszewski et. al., 2008).

Durante toda la etapa de sucesión, los órdenes prevalentes fueron Diptera e Hymenoptera, hecho que coincide con lo registrado en un estudio de sucesión sobre cadáveres en el sudeste de la Península Ibérica (Arnaldos et. al., 2004). La prevalencia de Hymenoptera fue debido a la presencia de Formicidae, que se mostraron en mayor número durante todo el proceso, coincidiendo con lo reportado por Martínez et. al. (2002). Se sabe que el orden Collembola es bastante común en suelos húmedos y sobre materia vegetal en descomposición (Smith, 1986) y que no están claramente asociados a cadáveres (Martínez et. al., 2002). A pesar de que fueron muy abundantes, su presencia se consideró como oportunista debido a las condiciones del terreno y ambiente.

Es bien sabido que el orden Coleoptera toma especial importancia debido a su actividad necrófaga, necrófila y omnívora (Martínez et. al., 2002). No obstante, en el presente estudio el número de familias de Coleópteros de interés forense no fue muy elevado. Las características propias de la zona del estudio hacen pensar que no se crearan las condiciones idóneas para el establecimiento de algunas especies determinadas para completar su ciclo vital.

La temperatura corporal de la rata fue experimentando cambios graduales bien definidos. En primera instancia, al iniciar el experimento la temperatura corporal fue superior a la del ambiente. No

obstante, se describió una disminución considerable de la temperatura hasta estabilizarse por debajo de la del ambiente. Aún así, a partir de la fase de hinchado se observó un notable incremento por encima de ésta, hecho que coincidió con la presencia de una gran masa larvaria. De acuerdo con Wells y LaMotte (1995), Higley, L.G y Haskell, N.H. (2000), Campobasso et. al. (2001) y Amendt et. al. (2004), una gran proporción de larvas puede crear lo que se denomina como efecto de masa larvaria, que, en concordancia con el ratio metabólico y con la alimentación de los mismos, pueden generar una temperatura sustancialmente por encima que la descrita en el ambiente.

Estado fresco

Es sabido que durante la primera fase de descomposición se comienza a desprender gases como amoníaco (NH_3), ácido sulfhídrico (H_2S), metano (CH_4), nitrógeno volátil y dióxido de carbono (CO_2), todas ellas resultantes de la degradación de los principios inmediatos (González, 1997; Castillo, 2000; Campobasso et. al., 2001; Salazar, 2006). Como consecuencia individuos del orden Diptera, particularmente pertenecientes a la Familia Calliphoridae, son los primeros en establecerse y ovipositar sobre el cadáver (Smeeton et. al., 1984; Olaya, 2001; Amendt et. al., 2004; Salazar, 2006) debido a la importante estimulación de gases como amoníaco y ácido sulfúrico así como la humedad y tacto (Ashworth y Wall 1994; Fisher et al., 1998; Anderson 2001; Byrd y Castner, 2001). Este hecho también se pudo comprobar a los pocos minutos y durante los días posteriores de depositar los huevos sobre el cuerpo, ya que se observó diversos organismos pertenecientes a *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) colonizando el recurso.

También se hizo importante el establecimiento de *A. pluvialis* (Linnaeus, 1758) durante el primer día de experimentación. No obstante, a diferencia de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) no realizó ninguna puesta de huevos. A pesar de haber sido de las primeras en depositarse sobre el cadáver, no se consideró como primera especie colonizadora ya que apareció de forma irregular durante el transcurso del experimento y en poca proporción.

En esta misma fase inicial de experimentación se notó la presencia del género *Sarcophaga*, coincidiendo con otros casos reportados cuyo modelo animal fueron cerdos domésticos (Anderson et. al. 1996; Arnaldos et. al., 2001; Castillo, 2002; García, 2004). A pesar de que este mismo género ha sido considerado en varios casos como colonizador secundario (Arnaldos et. al., 2001; García, 2004) e importante para establecer el intervalo post-mortem, en este estudio no formó parte de esa misma categorización ya que su presencia fue realmente escasa y, además, de las muestras larvarias recogidas en ese mismo periodo de tiempo no se obtuvo ningún espécimen.

Dentro de los grupos de Dípteros, las familias Muscidae y Phoridae estuvieron presentes, coincidiendo con los registros obtenidos por Arnaldos et. al. (2004) y García (2004). Además, la familia Vespidae también se notó en ambos casos, no siendo así para la familia parasitoide Diapriidae. En este caso, esta familia parasítica apareció únicamente en esta fase a diferencia de otros estudios cuya aparición fue más tardía (Castillo, 2002; Arnaldos et. al. 2004), entre el estado de hinchado y descomposición. Probablemente, su pronto aparición estuvo relacionada con la inmediata presencia de larvas a fin de depositar sus huevos. No obstante, este hecho no se pudo confirmar ya que no se obtuvo ninguna especie parasitoide en las muestras larvarias mantenidas en el evolucionario.

Se sabe que los Formícidos forman parte del componente necrófago-predador de la comunidad sarcosaprófaga (Mckinnerney, 1978; Martínez et. al. 1997), siendo uno de los grupos más representativos por su papel como detritívoros y predadores en la reducción de los cadáveres de algunos vertebrados (Cornabay, 1974; Arnaldos, 2000). Se suelen alimentar tanto de materiales en descomposición como de huevos y larvas de Dípteros (Martínez et. al. 2002), por lo que este mismo

hecho de intensa actividad se pudo comprobar durante el transcurso del experimento, especialmente durante esta primera fase, cuando la obtención del recurso fue mucho mayor. De las 3 especies de formícidos descritas, *P. pallidula* (Nylander, 1849) fue la más abundante, coincidiendo con otro estudio reportado en cerdos (Martinez et. al., 2002). Del resto de géneros obtenidos, *Messor* y *Aphaenogaster* también aparecieron en numerosas ocasiones aunque su abundancia no fue tan notable, hecho que coincide con lo registrado por Martínez et. al. (2002).

Se hizo evidente algunos rastros sobre la piel de la rata causado probablemente por algún Hymenoptera, tal y como sucedió en otro estudio en cadáveres de rata (Osvaldo et. al., 1997), quiénes afirmaron que la presencia de Formícidos causó modificaciones en diferentes regiones del cuerpo. Este hecho confirma que la actividad omnívora se ve incrementada durante las fases iniciales de descomposición si bien ocasionando también cierta actividad necrófaga sobre las larvas de Dípteros.

Es bien conocido que los primeros Coleópteros en llegar al cadáver son de la familia Silphidae (Castillo, 2000). No obstante, no se observó aún ninguna actividad por parte de estos individuos necrófagos y depredadores.

Estado hinchado

Las familias Anthomyiidae, Calliphoridae, Muscidae y Psychodidae fueron encontradas durante la fase de estado hinchado, hecho que también sucedió en un estudio realizado en el sudeste de la Península (Arnaldos et. al., 2004), quiénes también destacaron la aparición de algunos de los Coleópteros característicos como Staphylinidae y Desmestidae, no siendo así para el presente estudio realizado en Mallorca. Asimismo, Coleópteros como Cleridae e Histeridae también hacen acto de presencia depredando sobre las larvas de los Dípteros necrófagos (Castillo, 2000), hecho que también se destacó en otros estudios realizados (Arnaldos et. al., 2004; García, 2004). En este caso, tampoco se llegó a observar ninguna de las familias citadas.

Se hizo notable la escasa actividad por parte de los Himenópteros parasitoides, no ocurriendo así en otros casos reportados (Castillo, 2002; Arnaldos et. al., 2004). Asimismo, de todas las larvas recogidas durante este mismo periodo no se obtuvo ningún organismo parasitoide, hecho que confirma que no hubo ninguna actividad parasítica sobre las larvas presentes en esa misma fase.

La actividad y con ello la presencia de la familia Formicidae se vio muy disminuida debido al periodo de lluvia que sucedió, destacándose únicamente la presencia de *M. structor* (Latreille, 1798). A diferencia de lo obtenido por Arnaldos et. al. (2004), quiénes destacaron para esta misma fase a *P. pallidula* (Nylander, 1849) y a los géneros *Aphaeogaster* y *Messor*. Este hecho hace pensar que las condiciones propias de aquellos días hicieron reducir en general la actividad faunística del propio cadáver.

Estado descomposición activa

Dentro del grupo de Dípteros, las familias Anthomyiidae, Calliphoridae y Muscidae aún permanecieron sobre el lugar, tal y como sucedió a Arnaldos et. al. (2004). De forma común a las observaciones por Arnaldos et. al. (2004), aparecieron nuevas familias como Cecidomyiidae y Scatopsidae. De igual forma ocurre con Heleomyzidae, cuya presencia se ha descrito en esta fase (García, 2004). Por otra parte, Chironomidae y Drosophilidae también se notaron por primera vez no obstante, no se ha reportado ningún caso en España en el que estas familias aparezcan durante esta fase de descomposición en otoño y bajo la sombra.

No se registró ninguna actividad de adultos de Calliphoridae, tan sólo se hizo constancia de las larvas que, debido a su estado de maduración, empezaron a migrar o a enterrarse por la zona del cadáver para pupar, coincidiendo con lo reportado en varios estudios (Castillo, 2002; García, 2004; Donovan et. al., 2006; Salazar, 2006; Ames y Turner, 2007). Asimismo, este mismo suceso fue también observado al mismo tiempo en el evolucionario, hecho que hace pensar que se estableció una buena correlación en cuanto a desarrollo ante diferentes condiciones de temperatura.

Cabe señalar en este periodo la aparición de la familia Staphylinidae que, de forma tradicional, se ha señalado como los depredadores más comunes en cadáveres con especial preferencia hacia las larvas que migran del mismo cuerpo hacia el suelo o inmediaciones (Smith, 1986; Salazar, 2006). Según Smith (1986), esta misma familia suele aparecer durante la primera etapa de sucesión y en el estado de hinchado. Sin embargo, en este estudio no fue registrada hasta la descomposición activa. Aún así, su abundancia fue considerable cuando las larvas de Dípteros empezaron a migrar y a enterrarse.

La actividad de individuos Collembola se incrementó debido probablemente a que el terreno se tornó más húmedo creando así las condiciones adecuadas para su establecimiento. Según Smith (1986), la aparición de estos individuos ocurre cuando se establece un cierto grado de humedad, no siendo así cuando las condiciones del terreno son secas. Este mismo hecho se pudo observar con la llegada de las lluvias e incremento de la humedad de la zona. A pesar de la observación de estos individuos durante toda la fase de descomposición (Arnaldos et. al. 2004), la presencia de los mismos se empezó a percibir a partir del estado de descomposición activa.

En cuanto a la familia Formicidae, de nuevo las tres especies descritas reaparecieron aunque en menor abundancia a los anteriores estados de descomposición. La falta de recurso es posible que explicara la disminución en abundancia de las mismas especies citadas. Aún así, todavía se observó una cierta actividad depredadora sobre alguna de las larvas que quedaban presentes, hecho que concuerda con lo observado por García (2004).

Estado descomposición avanzada/momificación

Nuevas familias de Dípteros aparecieron, como fueron el caso de Ceratopogonidae, Psychodidae y Sciaridae, estando también estas dos últimas presentes en el estado de descomposición avanzada (Arnaldos et. al. 2004). Por otra parte, las familias Anthomyiidae, Cecidomyiidae, Calliphoridae, Heleomyzidae y Muscidae continuaron presentes en la zona, coincidiendo según lo observado por Arnaldos et. al. (2004) y García (2004).

Se hizo notable la prevalencia de los individuos adultos de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) debido a la emergencia de éstos, formando así una segunda generación de adultos (Arnaldos, et. al., 2004). Además, este mismo suceso también coincidió con lo ocurrido en el evolucionario, por tanto, este hecho explica de nuevo la buena correlación entre la zona *in situ* y el evolucionario en cuanto al desarrollo se refiere.

De igual forma que en otros estudios reportados (Castillo, 2002; Arnaldos et. al., 2004; García, 2004), la familia Staphylinidae continuó presente sobre el cadáver. No obstante, no se ha reportado en ningún caso a la familia Ptiliidae. Según Smith (1986), se ha encontrado esta misma familia alimentándose sobre las hifas de hongos u hongos situadas en el cadáver. Este hecho se contrasta con lo obtenido en el propio cadáver de la rata, por tanto, se piensa que la predisposición de esta familia pudo estar asociada a la presencia de hongos.

Es bien conocido que, cuando quedan restos de piel y huesos, la familia Dermestidae son los principales dominantes del recurso, tanto en estado adulto como sus larvas (Castillo, 2000). Tal y como se pudo comprobar, de aquéllos con interés forense tan sólo hizo acto de presencia la familia Staphylinidae. Una vez más, se cree que las condiciones del medio del experimento pudieron no haber sido idóneas para el establecimiento de estas familias de Coleópteros.

Desarrollo a 25ºC

Es bien sabido que los Insectos al ser poiquilotermos su tasa de desarrollo está regulada por la temperatura ambiental, siendo más rápida al aumentar la temperatura (Ames, C y Turner, B, 2003). Además, se asume que la relación entre la tasa de desarrollo y la temperatura es linear dentro de un rango medio de una curva sigmoidea marcada por un umbral máximo y mínimo de temperatura (Amendt et. al., 2004). Por debajo del umbral mínimo de temperatura establecido para cada especie en concreto, el desarrollo cesa y el insecto muere (Marchenko, 2001) y, de igual forma ocurre si la temperatura ambiental se establece por encima del umbral máximo de temperatura.

En este caso se ha considerado a *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) como una especie bien adaptada a bajas temperaturas en climas temperados, pudiendo realizar todo su ciclo vital a 15ºC (Arnaldos, 2000), hecho que coincidió frente a los resultados variables obtenidos en campo y en el evolucionario a 25ºC. Aún así, en varios estudios se ha visto que la actividad de los adultos puede cesar a temperaturas inferiores a 12 ºC y superiores a 30ºC, y que las larvas tampoco logran sobrevivir ante temperaturas superiores a 35ºC (Arnaldos, 2000). Asimismo, se ha demostrado que el umbral mínimo de esta misma especie es del orden de 3,5ºC (Davies y Ratcliffe, 1994), 2ºC (Marchenko, 2001) y 1ºC (Donovan et. al., 2006). No obstante, el valor del umbral mínimo es variable según la región que se considere, por tanto, según el método que se emplee es necesario escoger la temperatura base idónea para no hacer sobrestimaciones en el cálculo del desarrollo y en la posterior datación post-mortem. En el presente estudio no se consideró ningún valor mínimo ya que se usó, a excepción de la temperatura estándar del laboratorio, los mismos parámetros descritos en la fórmula reportada por Ames, C. y Turner, B. (2003), quiénes prescindían del valor umbral mínimo y tan sólo usaban la temperatura estándar del laboratorio y el tiempo transcurrido de un estadio a otro.

La proporción de energía acumulada, entre el umbral mínimo y máximo, para el desarrollo desde el huevo hasta la emergencia del adulto es variable según el estadio y es calculada en unidades denominadas grados día o grados hora (ADD y ADH, respectivamente). Existe una gran variedad de registros obtenidos del desarrollo de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) no obstante, hay una variación notable entre ellos. Mientras que a 25ºC se tarda unos 16,9 días (405,6 h, ADH no representado) (Marchenko, 2001) ó 19,16 días (460 h, 8740 ADH) (Greenberg, 1991) en transcurrir desde el huevo hasta el adulto, otros completan el ciclo entre 454-499 h a 23ºC (Anderson, 2000). En condiciones constantes de temperatura (25ºC) el tiempo empleado en el desarrollo desde la puesta hasta el adulto fue de 18-20 días (432-480 h, 10800-12000 ADH), hecho que concuerda aproximadamente al margen registrado por Greenberg (1991). La diferencia observada en los valores obtenidos con respecto a otros estudios es posible que se explique debido al clima, localidad, y población de procedencia (Ames y Turner, 2003) e incluso a la variabilidad genética de la misma especie.

Según los datos obtenidos por Marchenko (2001), el tiempo estimado desde la puesta de huevos hasta el estado pupal a 25ºC fue de 8,3 días (199,2 h). Para este estudio, se tardó entre 9 y 10 días, el cual se reflejó una tasa de desarrollo muy parecida a lo reportado en el anterior estudio, no siendo así en lo obtenido por Ames y Turner (2003), quiénes utilizando una temperatura de 20ºC obtuvieron un

tiempo de 22,4 días (538,4 h, 10769 ADH). Ello es debido a la baja temperatura en la cual mantuvieron a los individuos, cuya tasa de desarrollo fue mucho más lenta. Además, la dificultad de visualizar la eclosión de los huevos y la diferenciación entre el estado de pre-pupa y pupa pudieron ser factores que influyeron en esta pequeña variación de valores registrados. Asimismo, comparando con los estudios mencionados, se pudo visualizar que, a mayor temperatura, el tiempo establecido de una fase a la siguiente era menor con respecto a aquellos experimentos cuya temperatura era menor.

Tomando todo en conjunto, el presente registro de desarrollo de *C. vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), realizado por primera vez en Mallorca, se podría utilizar para posibles futuras estimaciones del intervalo post-mortem. No obstante, cabría optimizar el tiempo exacto de desarrollo para cada uno de los estadios, así como distinguir las distintas fases pertinentes.

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer al Dr. Miguel Ángel Miranda Chueca por haberme tutelado el presente estudio y haber tomado la iniciativa en Mallorca de este nuevo campo de gran interés como es el de la Entomología Forense.

A la técnica responsable del estabulario, Dña. Teresa de Francisco, quien me cedió con toda amabilidad la rata de experimentación.

A todo el equipo integrante del laboratorio de Zoología quienes me han motivado mucho al mostrar interés, apoyo y recomendaciones para mi trabajo.

Al Dr. Guillem Ramón Pérez de Rada.

A la Oficina de Gestión Ambiental y Sostenibilidad (OGas) de la UIB por haber mostrado gran simpatía por mi trabajo y por haberme cedido con amabilidad los registros meteorológicos de la UIB.

A mis padres quienes soportaron todo mi afán por los Insectos y mis anécdotas asociadas a este trabajo experimental, y participaron en la ideación de la trampa casera.

Bibliografía

Amendt, J., Krettek, R. y Zehner, R. 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*. 91, 51-65.

Ames, C. y Turner, B. 2007. Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation. *Medical and Veterinary Entomology*. 17, 178-186.

Anderson, G.S. y Vanlaerhoven, S.L. 1996. Initial studies on insect succesion on carrion in Southwestern Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. 41, 617-625.

Anderson, G.S. 2000. Minimum and maximum development rates of some forensically important Calliphoridae (Diptera). *Journal of Forensic Sciences*. 45, 824-32.

Anderson, G.S. 2001. Succession on carrion and its relationship to determining time of death. En: Byrd, J.H. y Castner, J.L. (eds). *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. CRC, Boca Raton, Fla. 143-175.

Arnaldos, M.I. 2000. [Tesis doctoral]Estudio de la fauna sarcosaprófaga de la región de Murcia. Su aplicación a la Medicina Legal. Departamento de Biología Animal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

Arnaldos, M.I., Romera, E., García, M.D. y Luna, A. 2001. Initial study on sarcosaprophagous Diptera (Insecta) succession on carrion Southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine.* 114, 156-162.

Arnaldos, M.I., Romera, E., Presa, J.J., Luna, A. y García, M.D. 2004. Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine.* 118, 197-205.

Ashworth, J.R. y Wall, R. 1994. Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* and *L. cuprina* to odour and the development of semiochemical baits. *Med. Vet. Entomol*. 8, 303–309.

Barrientos, J.A (ed.). 2004. *Curso práctico de Entomología*. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona. 41. Entomología. Asociación Española de Entomología, CIBIO-Centro Iberoamericano de Biodiversidad y Universitat Autònoma de Barcelona. 947 pp.

Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*. 120, 2-14.

Beltrán Alfonso, C.P. y Villa Navarro, F.A. 2011. Sucesión de insectos en cadáveres de ratas Wistar (Muridae: *Rattus norvegicus*) (Berkenhout, 1769) en Bosque húmedo Premontano (Ibagué – Colombia). *Tumbaga*. 6, 93-105.

Buck, M., Marshall, S.A. y Cheung D.K.B. 2008. Identification Atlas of the Vespidae (Hymenoptera, Aculeata) of the northeastern Neartic region. *Canadian Journal of Arthropod Identification.* 5, 1-492.

Byrd, J. y Castner, J. 2001. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations.* United States of America: CRC press.

Campobasso, C.P., Di Vella, G. y Introna, F. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International.* 120, 18-27.

Castillo-Miralbés, M. 2000. *Estudio de la Entomofauna asociada a los cadáveres en la Región Altoaragonesa.* Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Tesis doctoral inédita. 318 pp.

Castillo-Miralbés, M. 2001. Artrópodos presentes en carroña de cerdos en la comarca de la Litera (Huesca). *Bol. S.E.A.* 28, 133-140.

Castillo-Miralbés, M. 2002. *Estudio de la Entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España).* Monografías S.E.A. 96pp.

Catts, E.P. 1992. Problems in Estimating the Postmortem Interval in Death Investigations. *J. Agric. Entomol*. 9, 245-255.

Chinery, M. 2010. Guía de Campo de los Insectos de España y de Europa. Ed. Omega. Barcelona, España.

Cornabay, BW. 1974. Carrion Reduction by animals in Contrasting Tropical Habitats. *Biotropica.* 6, 51-63.

Davies, L. y Ratcliffe, G.G. 1994. Development rates of some pre-adult stages in blowflies with reference to low temperatures. *Medical and Veterinari Entomology.* 8, 245-254.

Donovan, S.E., Hall, M.J.R., Turner, B.D. y Moncrieff, C.B. 2006. Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures. *Medical and Veterinary Entomology*. 20, 106-114.

D´Assis Fonseca, E.C.M.1968. *Handbooks for identification of British insects. Diptera Cyclorrhapha Calyptrata. Section (b) Muscidae,* vol X art 4 (b). Royal Entomological Society of London. London. 118pp.

Feugang Youmessi, F.D., Djieto-Lordon, C., Ateba Awona, J.C. y Bilong Bilong, C.F. 2011. A preliminary study of arthropod associated with carrion in Yaounde, Cameroon: A first step in forensic entomology in Central Africa. *Journal of Ecology and the Natural Environment*. 3, 215-220.

Fisher, P., Wall, R. y Ashworth, J.R. 1998. Attraction of the sheepblowfly, *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) to carrion bait in the field. *Bull. Entomol. Res*. 88, 611-616.

Galante, E. y Marcos-García, M.A. 1997. Detritívoros, Coprófagos y Necrófagos. *Bol. S.E.A.* 20, 57-64.

García-Rojo, A.M. 2004. Estudio de la sucesión de insectos en cadáveres en Alcalá de Henares (Comunidad Autónoma de Madrid) utilizando cerdos domésticos como modelos animales. *Bol. S.E.A.* 34, 263-269.

Gennard, D.E. 2007. *Forensic Entomology: An Introduction*. Ed. Wiley. England.

Ginna Camacho, C. 2005. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología*. 31, 189-197.

Gómez Gómez, A., Martín Vega, D., Botías Talamantes, C., Baz Ramos, A. y Díaz Aranda, L.M. 2007. La Entomología Forense en España: pasado, presente y perspectivas del futuro. *Cuad. Med. Forense*. 13, 21-31.

Greenberg, B. (1991). Flies as forensic indicators. *Journal of Medical Entomolog.* 28, 565–577.

Hall, R.D. 2001. Perceptions and status of forensic entomology En: Byrd, J.H. y Castner, J.L. (eds) Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. *CRC, Boca Raton, Fla*.1–15.

Higley, L.G. y Haskell, N.H. 2000. Insect development and forensic entomology. *Forensic Entomology: the Utility of Arthropods in Legal Investigations* (ed. por J.H. Byrd y J.L. Castner), pp. 287-302. CRC Press, Florida.

Huckett, H.C. y Vockeroth, J.R. 1987. *Manual of Neartic Diptera Vol. 2: Muscidae.* Research Brach, Agriculture Canada. Canada. 1115-1132.

Marchenko, M.I. 2001. Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. *Forensic Science International.* 120, 89-109.

Martínez, M.D., Arnaldos, M.I. y García, M.D. 1997. Datos sobre la fauna de hormigas asociada a cadáveres (Hymenoptera: Formicidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología.* 21, 281-283.

Martínez, M.D. Arnaldos, M.I, Romera, E y García, M.D. 2002. Los Formicidae (Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. *Anales de Biología.* 24, 33-44.

Matuszewski, M., Bajerlein, D., Konwerski, S. y Szpila, K. 2008. An initian study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International.* 180, 61-69.

González Peña, C.F. 1997. Los Insectos y la muerte. *Bol. S.E.A.* 20, 285-290.

Gordon, D.G. y Peterson, B.V. 1987. *Manual of Neartic Diptera Vol. 2: Heleomyzidae.* Research Brach, Agriculture Canada. Canada. 973-980.

Mckinnerney, M. 1978. Carrion Communities in the northern Chihuahian Desert. *The Southwestern Naturalist.* 23, 563-576.

Olaya Másmela, L.A. 2001. Entomofauna sucesional en el cadáver de un cánido en condiciones de campo en la Universidad del Valle (Cali-Colombia). *Cuadernos de Medicina Forense*. 23, 5-14.

Osvaldo Moura, M., JB de Carvalho, C., LA Monteiro-Filho, E. 1997. A preliminary Analysis of Insects of Medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 92, 269-274.

Perrier, R. 1971. *La Faune de la France Illustrée VIII Diptères Aphaniptères.* Librairie Delagrave. París, Francia.

Putman, R.J. 1983. Carrion and dung: the decomposition of animal wastes. *The Institute of Biology's Studies in Biology No. 156*. Edward Arnold, London.

Richards, E.N. y Goff, M.L. 1997. Arthropod succession on exposed carrion in three contrasting tropical habitats on Hawaii Island, Hawaii. *Journal of Medical Entomology*. 34, 328-339.

Salazar, J.L. 2006. Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo-Venezuela. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica.* 23, 33-38.

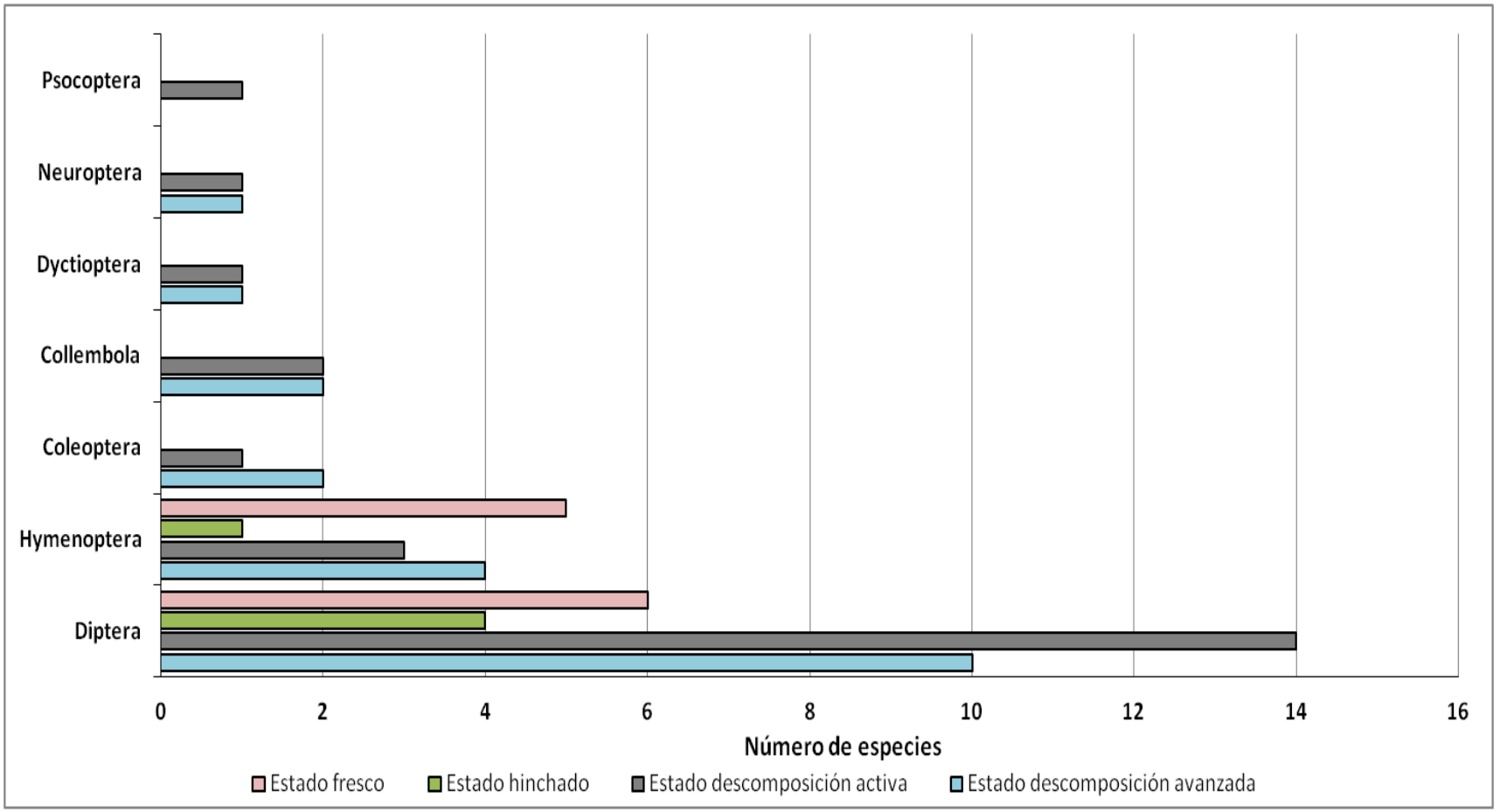
Smeeton, W.M. I., Koerlmeyer, T.D., Holloway, T.D. y Singh, P. 1984. Insects associated with exposed human corpses in Auckland (New Zealand). *Med. Sci. Law.* 24, 167-174.

Smith, K.G.V. 1986. *A Manual of Forensic Entomology.* Comstock Publishing Associates, Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.

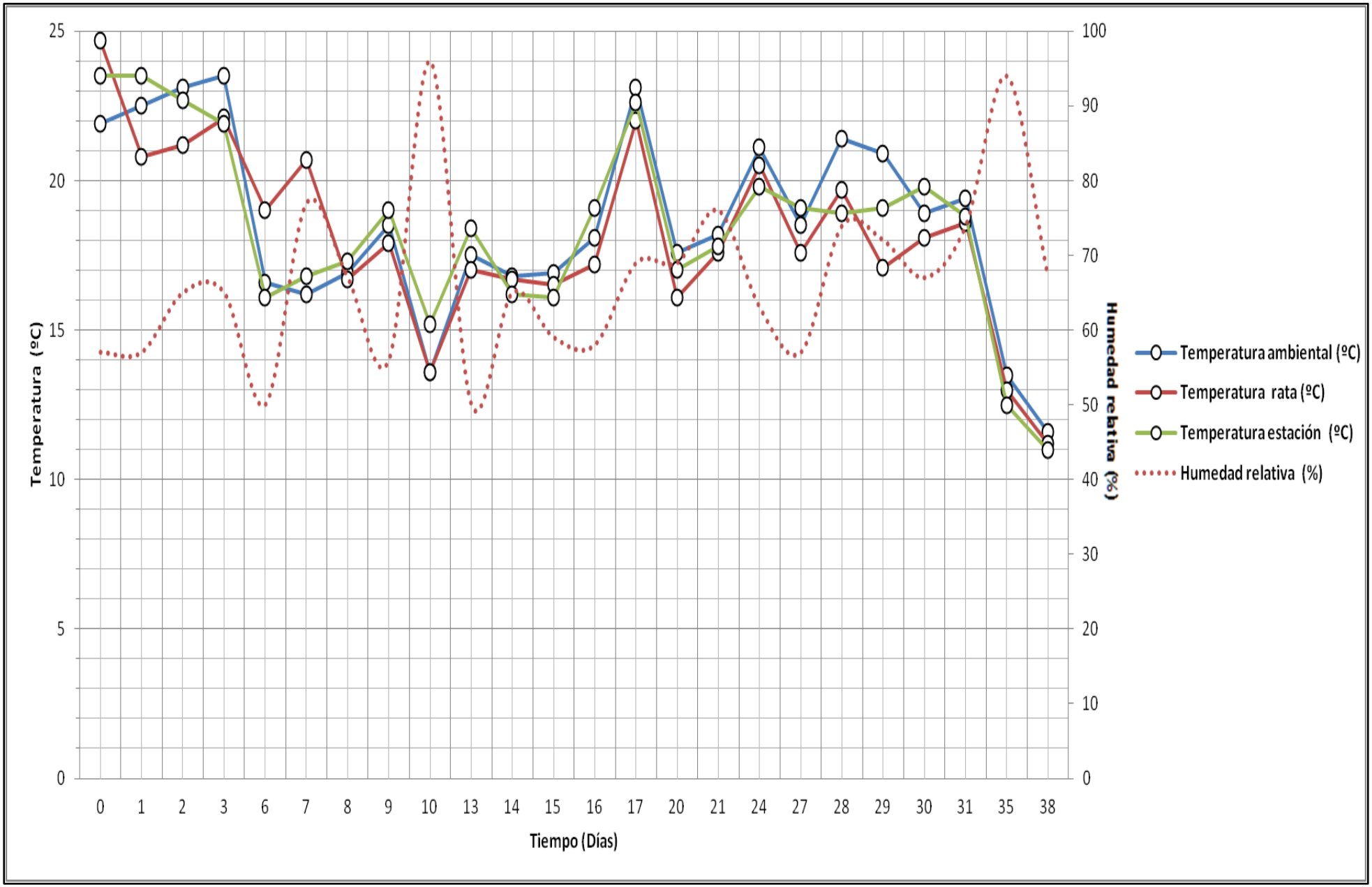
Wells, J.D. y LaMotte, L.R. 1995. Estimating maggot age from weight using inverse prediction. *J Forensic Sci*. 40,585-590.

Wheeler, M.R. 1987. *Manual of Neartic Diptera Vol. 2: Drosophilidae.* Research Brach, Agriculture Canada. Canada. 1011-1018.

Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A. y Duque, P. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International*. 120, 53-59.



Anexo I. Número de especies colectadas de cada uno de los órdenes en diferentes fases de descomposición: estado fresco, estado hinchado, estado de descomposición activa y estado de descomposición avanzada.



Anexo II. Curvas de temperatura ambiental, temperatura de la rata, temperatura de la estación meteorológica y humedad relativa durante los estados de descomposición correspondientes a fresco (0-3 días), hinchado (4-7 días), activa (8-16 días) y avanzado/momificado (17-38 días).

Orden	Familia	Género/Especie	Días																									
			Fresco				Hinchado		Descomposición activa							Descomposición avanzada/momificación												
			0	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	27	28	29	30	31	34	38
Collembola	Entomobryidae												A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Sminthuridae											A										A	A	A			A	
Dyctioptera										A									A									
Diptera	Anthomyiidae	*Anthomyia pluvialis*	A			A	A	A			A	A									A	A						
	Cecidomyiidae											A											A				A	
	Ceratopogonidae	*Atrichopogon* sp.																										A
	Chironomidae								A					A														
	Camillidae	*Camilla* sp.			A											A												
	Calliphoridae	*Calliphora vicina*	A	A	A/L	A/L	A/L	L	L			L		L				A				A	A	A	A	A	A	
		Phaenicia sericata							L																			
	Drosophilidae	*Scaptomyza* sp.								A																		
	Heleomyziidae	*Suillia* sp.											A															A
		Tephrochlamys sp.								A																		
	Muscidae	*Alloeostylus* sp.										A						A										
		Helina sp.									A																	
		Phaonia subventa		A	A	A		A	A	A	A																	
	Phoridae	*Apiochaeta ruficornis*			A																							
	Psychodidae	*Psychoda phalaenoides*						A											A									A
	Sarcophagidae	*Sarcophaga haemorrhoidalis*		A		A																						
	Scatopsidae	*Scatopse nonata*										A																
	Sciaridae															A												
Coleoptera	Staphylinidae														A	A			A	A	A	A	A		A			
	Ptiliidae																			A								
Hymenoptera	Braconidae															A												
	Diapriidae			A																								
	Formicidae	*Aphaenogaster senilis*		A					A	A	A	A			A	A		A										
		Messor structor		A	A	A	A		A	A	A				A						A							
		Pheidole pallidula				A				A	A				A	A		A			A							
	Vespidae	*Vespula germanica*			A																							
Neuroptera	Chrysopidae	*Chrysopa septempunctata*										A																A
Psocoptera	Ectopsocidae													A														

Anexo III. Entomofauna presente durante los estados de descomposición correspondientes a fresco (0-3 días), hinchado (4-7 días), activa (8-16 días) y avanzada/momificación (17-38 días). Nótese que L= presencia de larvas, A= presencia de adultos y A/L= presencia de adultos y larvas.