



## Sucesión faunística sarcosaprófaga

ASIGNATURA: **ENTOMOLOGÍA FORENSE**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIAS FORENSES**

**UNIVERSIDAD DE MURCIA**

MATERIAL DOCENTE ELABORADO POR M.I. ARNALDOS, M.D. GARCÍA Y J.J. PRESA

CURSO 2010-11



## Entomología Forense. Tema: Sucesión faunística sarcosaprófaga. Colonización en etapas tempranas.

---

### CONTENIDOS:

- Introducción.
  - Factores que influyen en el proceso de la descomposición y la sucesión
  - Fases de la descomposición y putrefacción.
  - Sucesión faunística en los cadáveres
    - Sucesión y descomposición en cuerpos expuestos
    - Sucesión y descomposición en cuerpos enterrados
    - Sucesión y descomposición en cuerpos quemados
    - Sucesión y descomposición en cuerpos sumergidos en agua
      - Ecosistemas acuáticos continentales
      - Medio marino
    - Sucesión faunística estacional
  - Colonización en etapas tempranas.
- 

### OBJETIVOS:

- Conocimiento de los conceptos básicos sobre las fases de la descomposición y putrefacción en cadáveres humanos y animales.
  - Desarrollo de los factores más importantes que afectan a los fenómenos cadavéricos
  - Conocimiento de los taxones de artrópodos más representativos de la comunidad sarcosaprófaga
  - Distinción entre las diferentes fases de la descomposición y su fauna asociada
  - Conocimiento de la secuencia de aparición y relevamiento de los distintos grupos de artrópodos en los cadáveres.
  - Diferenciación entre los distintos taxones de fauna cadavérica en función de la disposición del cadáver
  - Diferenciación entre los distintos taxones de fauna cadavérica en función de la estación anual
- 

### COMPETENCIAS:

- Reconocer las diferentes fases de la descomposición de un cadáver y los factores que las modulan.
  - Identificar los artrópodos asociados con cada una de las fases de la descomposición bajo distintos supuestos.
  - Utilizar las evidencias entomológicas para la obtención de conclusiones útiles a efectos forenses
  - Discriminar entre las distintas especies sarcosaprofagas en función de la estación anual.
- 

### BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA:

ANDERSON G.S. 2001 Insect succession on Carrion and Its Relationships to Determining the time of Death. En: BIRD J.H. & CASTNER J.L. (eds.) Forensic Entomology. The Utility of Arthropods In legal investigations. CRC Press. Boca Ratón FL

ARNALDOS M.I. 2000. Estudio de la fauna sarcosaprófaga de la Región de Murcia. Su aplicación a la Medicina Legal. Tesis doctoral. Dpto. Biología Animal. Universidad de Murcia. 260 pp

ARNALDOS M.I., PRADO E CASTRO C., PRESA J.J., LÓPEZ GALLEGO E. & GARCÍA GARCÍA M.D. 2006. Importancia de los estudios regionales de fauna sarcosaprofaga. Aplicación a la práctica forense. Ciencia Forense. nº8: 63-82

AVILA F. W. & GOFF M.L. 1998. Arthropod succession patterns onto burnt carrion in two contrasting habitats in the Hawaiian Islands. *Journal of Forensic Science* 43(3):581-586

BOUREL B. TOURNEL G. HEDOUIN V. GOSSET D. 2004. Entomofauna of buried bodies in northern France. *Int. J. Legal Med.* 118:215-220

BRAACK L.E.O. 1981. Visitation patterns of principal species of the insect-complex at carcasses in the Kruger National Park. *Koedoe* 24: 33-49.

BYRD J.H. & CASTNER J.L. (eds.), 2001. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. CRC Press.

CATTS, E.P. & HASKELL, N.H. (eds.). 1990. Entomology & Death: A Procedural Guide. Joyce's Print Shop, Inc





- DAVIES J.B. & GOFF M.L. 2000. Decomposition patterns in terrestrial and intertidal habitats on Oahu Island and Coconut Island, Hawaii. *J. Forensic Sci.* 45: 836-842
- EARLY, M. & GOFF M.L. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the Island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. *J. Med. Entomol.* Vol. 23, nº 5: 520-531.
- GENNARD D.E. 2007. *Forensic Entomology. An Introduction.* John Wiley & sons Ltd. England.
- GOFF M.L. 2010 Early postmortem changes and stages of decomposition en: Amendt J. , campobaso C.P., Goff M.L. & Grassberger M. (eds.) *Current concepts in Forensic Entomology*
- GRASSBERGER M. & REITER C. 2001. Effect of temperatura on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to isomegalen- and isomrophen- diagram. *Forensic Science International* 120:32-36
- GRASSBERGER M. & REITER C. 2002. Effect of temperature on development of the forensically important holarctic blow fly *Protophormia terranova* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae.) *Forensic Science International* 128(1): 177-182
- GREENBERG B. & KUNICH C.H.: 2002. *Entomology and the law. Flies as forensic indicators.* Cambridge University Press. Reino Unido.
- MANN R.W. BASS W.M. MEADOWS L. 1990 Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *J. Forensic Sci.* 35:1:103-111
- MERRITT R.W. & WALLACE J.R. 2010 The role of aquatic insects in forensic investigations en: BIRD J.H. & CASTNER J.L. (eds.) 2010. *Forensic Entomology. The Utility of Arthropods In legal investigations* 2nd edition. CRC Press. Boca Ratón FL
- NUORTEVA P. 1977. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. En: TEDESCHI C.G., ECKERT, W.G. & TEDESCHI L.G. (Eds.) *Forensic Medicine: A study in trauma and environmental hazards.* Vol III. Philadelphia, London W.B. Saunders Co. 1072-1095.
- PAYNE J.A. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa*. *Ecology*, Vol. 46, nº 5, pp.592-602
- PAYNE, J.A., KING, E.W. & BEINHART, G. 1968. Arthropods Succession and Decomposition of Buried Pigs. *Nature*. Vol. 219: 1180-1181
- SCHOENLY, K., GRIEST, K. & RHINE, S. 1991. An experimental field protocol for investigating the postmortem interval using multidisciplinary indicators. *Journal of Forensic Sciences, JFSCA*, Vol. 36, nº 5, pp. 1395-1415.
- SMITH K.G.V. 1986. *A Manual of Forensic Entomology.* The Trustees of the British Museum (Natural History).
- TANTAWI T.I., EL-KADY E.H., GREENBERG B., EL-GHAFFAR H.A. 1996. Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria Egypt. *J. Med. Entomol.*, vol. 33 nº 4:566-580
- TULLIS K. & GOFF M.L. 1987. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawaii. *Journal of Medical Entomology*, Vol. 24, pp. 332-339
- VANLAERHOVEN S.L. & ANDERSON G.S. 1999. Insect succession on buried carrion in two bioeclimatic zones of British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 44(1):32-43
- VANLAERHOVEN S.L. & ANDERSON G.S. 1999. Insect succession on buried carrion in two bioeclimatic zones of British Columbia. *Journal of Forensic Science* 44(1):32-43
- VILANUEVA CAÑADAS E. (Ed.) 2004. *Gisbert y Calabuig, Medicina legal y Toxicología.* 6ª Ed. Ed. Masson
- WISS C. & CHERRIX D. 2006. *Traité d'entomologie forensique. Les insectes sur la scène de crime.* Coleccion Sciences Forensiques. Presses polytechniques et universitaires romandes





<http://www.forensic-entomology.com/>  
<http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/insects-spiders/webcast-forensicentomology/forensic-entomology.html>  
<http://new.eafe.org/>  
[http://www.forensic-entomology.info/forens\\_ent/forensic\\_entomology.html](http://www.forensic-entomology.info/forens_ent/forensic_entomology.html)  
<http://research.missouri.edu/entomology/chapter1.html>

---

**Entomología Forense.** Tema: Sucesión faunística sarcosaprófaga.  
Colonización en etapas tempranas.

---

## INTRODUCCIÓN

Los restos en descomposición proporcionan un hábitat temporal que ofrece una fuente de alimento cambiante a una amplia variedad de organismos que van desde las bacterias y hongos hasta los vertebrados carroñeros. En concreto, la materia orgánica en descomposición es el sustrato alimenticio de un gran número de insectos y artrópodos. Estos animales asociados a la materia orgánica en descomposición en sus diferentes etapas es lo que se denomina comunidad entomosarcosaprófaga.

Los insectos pertenecientes a esta comunidad son los responsables principales del consumo y desaparición de las partes blandas del cadáver y son generalmente los primeros organismos en descubrir un cadáver. Es bien conocida su capacidad de colonizar los restos en los instantes siguientes a la muerte y, aparecen en los cadáveres en una secuencia predecible que esta influenciada, tanto por los cambios físico-químicos del proceso de la degradación de los restos como por factores externos, como climatología, hábitat, localización del cadáver... .

Cuando es conocida la secuencia de colonización de los insectos, es posible, a partir de un análisis de la fauna artropodiana encontrada en el cuerpo estimar el intervalo postmortem (IPM). De hecho la estimación del IPM a partir de evidencias entomológicas puede hacerse a partir del grado de desarrollo de la fauna instalada sobre el cadáver o a partir de la composición de dicha fauna. En este último caso, hay que tener en cuenta que la fauna instalada en el cadáver (tipo de especie, abundancia y diversidad), la pauta de colonización y el tiempo de localización y acceso al cadáver, varía en función de distintos parámetros, como son la región biogeográfica, el hábitat y la estación del año.





## FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE LA DESCOMPOSICIÓN Y A LA SUCESIÓN:

El proceso de la degradación de la materia orgánica es muy complejo y está influenciado por numerosos factores interrelacionados. Las características macroclimáticas y microclimáticas, el acceso de la fauna al cuerpo, la existencia en el cuerpo de heridas, traumas o mutilaciones serían, entre otros, algunos de los factores implicados en el proceso de la descomposición.

En este apartado vamos a hacer referencia a los factores de mayor influencia tanto en el proceso de la descomposición de los restos como en la aparición y desarrollo de los insectos.

### Temperatura:

La temperatura parece ser el factor principal en el nivel de descomposición de un cadáver. Durante tiempo frío o de heladas, o a las bajas temperaturas de una cámara frigorífica, el crecimiento de las bacterias disminuye y el proceso de la descomposición se ralentiza considerablemente e, incluso, cesa.

Cuando se evalúa el efecto de la temperatura también hay que tener en cuenta el efecto de la exposición al sol. El efecto más obvio de la luz del sol es el calor, así los cuerpos encontrados en directa exposición al sol, estarán más templados, la temperatura aumentará más rápidamente y la descomposición será más rápida. Estos cuerpos perderán biomasa más rápidamente que los cuerpos a la sombra y tendrán los sucesivos estados de la descomposición más rápidamente.

A bajas temperaturas la actividad de los insectos se puede ver retardada, e incluso detenerse pero, en el momento que se produzca un aumento de temperatura por encima del umbral de actividad de cada especie, la actividad vuelve a reanudarse. Los dípteros pueden continuar visitando el cadáver y poniendo huevos en tiempo frío hasta en temperaturas de entre los 5 a 13°C. Por debajo de los 0°C, los huevos de mosca mueren y las larvas también pueden morir si son expuestas a las frías temperaturas externas al cuerpo. Sin embargo, las larvas situadas dentro de las cavidades del cuerpo como cabeza, cuello, abdomen y vagina pueden continuar alimentándose y desarrollándose normalmente, incluso en condiciones de heladas. Esto es debido a que las larvas cuando se encuentran en gran número generan su propio calor metabólico. Tal es así que, en días fríos, pueden verse salir vapores del cuerpo cuando el área infestada de larvas tiene abertura al exterior.





En cuanto a la biología de los dípteros hay especies que prefieren la luz del sol para la ovoposición mientras que otras son de zonas más sombrías.

En condiciones ideales, tiempo cálido y caluroso, se necesitan de dos a cuatro semanas para que un cuerpo quede reducido a únicamente restos esqueléticos. Las épocas del año que plantea más dificultades a la hora de estimar la tasa de descomposición son aquellas en las que la temperatura fluctúa entre cálida y fría.

#### **Humedad/Aridez:**

El grado de humedad ambiental también afecta al desarrollo de la descomposición de un cuerpo, uno de los procesos conservadores del cadáver más característico es la momificación. Para que se produzca el cuerpo sufre una deshidratación intensa y tienen que combinarse distintos factores como sequedad intensa y la existencia de una corriente de aire circulante. La momificación de los cuerpos puede ser total o parcial y lo podemos considerar como un proceso relativamente frecuente y es especialmente abundante en determinados lugares como cementerios o catedrales y también puede estar asociada a determinados tipos de terreno.

El aumento en la humedad también parece estar relacionado con la actividad de los dípteros tanto adultos como larvas. En áreas áridas como los desiertos aparecen restos desecados y momificados que muestran muy poca destrucción por parte de los insectos. En numerosas ocasiones, los cuerpos que se han momificado en condiciones naturales (especialmente durante el invierno) siguen conservando la piel de entre dos a seis años después de la muerte.

#### **Precipitación:**

La precipitación, incluso en tormentas muy fuertes, no parece influir en alguna medida en la actividad de las larvas (la mayoría de ellas se encuentra dentro de las cavidades corporales donde puede continuar alimentándose con normalidad). Sin embargo, la actividad de los dípteros adultos durante precipitaciones de moderadas a fuertes se puede ver reducida e incluso cesar. Esta actividad se reanuda inmediatamente una vez finalizada la precipitación

#### **Heridas en el cuerpo:**

Esta registrado que dos cadáveres depositados en el suelo al mismo tiempo, uno de ellos con heridas incisas o grandes traumatismos y otro intacto se descomponen a





velocidades diferentes. El que presente heridas, ya sean incisas o contusas, se descompondrá mucho más rápido que el otro intacto.

En el caso de los insectos, las heridas de cualquier tipo son lugares de puesta preferente de los dípteros lo que contribuye a aumentar el nivel de la descomposición.

### **Acceso de los insectos al cuerpo:**

En un cuerpo en el que, por cualquier causa, los insectos no tienen acceso, los procesos de la descomposición se ven ralentizados y reducidos. Como ya hemos comentado, la destrucción de la gran mayoría de los tejidos blandos de un cadáver es debida a la alimentación de las larvas de insectos.

Debido a la propia naturaleza de el crimen, un cuerpo puede estar dispuesto en lugares no ortodoxos, esta circunstancia hace que el patrón de sucesión y descomposición se pueda ver alterado. Los coches y otros vehículos son utilizados frecuentemente en casos de suicidio o, en el caso de crímenes, para abandonar los cuerpos. Esta circunstancia puede proveer un interesante desarrollo de la descomposición. El vehículo puede actuar de barrera para algunas especies (especies de cierto tamaño no podrán introducirse en un vehículo cerrado), impedirá el acceso de vertebrados carroñeros y también protegerá el cuerpo de la lluvia y otros factores medioambientales. Es claro el efecto sobre la temperatura y la humedad relativa, un vehículo a pleno sol puede tener una temperatura en su interior mucho más elevada que la externa.

También sucede que los restos, ya sean completos o desmembrados, son frecuentemente encontrados envueltos en diferentes materiales. Esto puede ser debido a un esfuerzo en disimular los restos, para facilitar su manejo o para prevenir las manchas de sangre sobre las alfombras o en el vehículo. El tipo y la extensión de la envoltura pueden afectar al patrón de colonización de los insectos sobre los restos y deberá ser evaluado convenientemente. Por lógica el tipo de envoltura tendría que afectar al patrón de la descomposición, pero de hecho, se conocen muy pocos datos. Datos referentes a cuerpo envueltos en plástico muestran una ralentización en la descomposición.

### **Enterramiento y profundidad:**

Los cuerpos que permanecen en la superficie del suelo tienden a descomponerse mucho más rápidamente que aquellos enterrados. La profundidad del enterramiento







juega un papel importante en el nivel de la descomposición, los cuerpos enterrados a una profundidad de 30 a 60 cm llegan a esqueletizarse en pocos meses o un año. Sin embargo, cuerpos enterrados a 90-120 cm pueden emplear en alcanzar un estado de descomposición similar varios años.

Los cuerpos enterrados en casos criminales raramente son enterrados profundamente como sucede en los enterramientos funerario tradicionales. Este tipo de enterramiento requiere un gran esfuerzo y tiempo, cuanto más tiempo permanece el criminal con la víctima, mayor es la posibilidad de que transfiera evidencias. Por lo tanto, normalmente lo que se encuentra en casos reales es un apresurado orificio donde se introduce el cuerpo y es cubierto superficialmente.

Los restos enterrados son colonizados por insectos, pero el enterramiento afecta al tiempo que necesitan para alcanzar los restos, a su secuencia de colonización e influye en las especies implicadas y en el nivel de la descomposición.

#### **Actividad de vertebrados carroñeros**

La acción de los vertebrados carroñeros, al quitar potencialmente grandes cantidades de carne del cadáver e incluso arrancar y hacer desaparecer sus vestiduras, puede alterar en gran medida el proceso de la descomposición.

Los carnívoros se suelen alimentar de los tejidos blandos del cadáver, preferentemente cara y manos, y de parte del esqueleto, normalmente de las partes finales esponjosas de los huesos largos y pelvis.

Cuando un cuerpo ha sido mutilado por un carnívoro, es importante registrar el área por donde han podido dispersar los huesos, los perros pueden trasladar restos del cadáver hasta en un perímetro de 500 m y, frecuentemente, transportan partes del cadáver, como el cráneo y otros huesos, a su vecindad e incluso se conocen casos en que les han ofrecido parte de estos restos a su propietario ofreciéndole los restos como "regalo".

La acción de los roedores se restringe normalmente a cara, manos, pies y abdomen en donde pueden causar grandes daños. Los huesos pequeños de las manos y pies pueden ser trasladados y se suelen encontrar normalmente a poca distancia del cuerpo.

Como resultado de la acción de los carroñeros aumenta el nivel de descomposición y en algunos casos eliminan fases de la descomposición. Todo esto tiene







como resultado que los cadáveres presentan menor cantidad de tejido disponible para los colonizadores tardíos, reduciendo el número de especies y el número de individuos que colonizan los restos.

La existencia de actividad de carnívoros puede darnos datos acerca de la situación e "historia" del cadáver. Si un cuerpo es encontrado en un área boscosa en tiempo cálido y no muestra signos de actividad de carnívoros, claramente el cuerpo ha permanecido en un lugar no accesible a los perros (por ejemplo un almacén) el tiempo necesario para la destrucción de los tejidos blandos sin la consecuente destrucción de hueso, y entonces trasladado al bosque.

Por último, los carroñeros además de afectar a la descomposición y a la colonización de los insectos, pueden también producir "artefactos postmortem" que pueden ser inicialmente confundidos con heridas o mutilaciones.

#### **Tamaño y peso del cuerpo:**

Este factor debería ser, por lógica, muy importante en el nivel de la descomposición. Sin embargo estudios preliminares no lo han demostrado concluyentemente. Si se conoce que los cuerpos obesos pierden más rápidamente masa corporal debido a la licuefacción de los ácidos grasos y que no se han apreciado variaciones en el nivel de la descomposición entre los sexos.

Utilizando cerdo como modelo animal se han realizado experiencias utilizando cebos de diferente tamaño para evaluar el nivel de la descomposición del cuerpo y la colonización de los insectos. Al contrario de lo que se pudiera suponer los cerdos de mayor tamaño son lo que muestran un vellocidad de descomposición mayor que lo de menor tamaño. La explicación hace referencia al número de insectos, el cadáver de mayor tamaño al poder "acoger" a un mayor numero de puestas de díptero y por tanto un número de larvas mucho mayor perderá biomasa mucho más rápidamente que el más pequeño y, por tanto, se descompondrá más rápidamente. La sucesión de artrópodos fue la misma en todos los tamaños, únicamente, la velocidad de relevamiento de las especies fue mayor en los de mayor tamaño.

Los insectos necrófagos pueden presentar preferencias en función del tamaño de la carroña, así las dos familias de dípteros, *Calliphoridae* y *Sarcophagidae*, típicas de los primeros estadios de la descomposición muestran un comportamiento diferente. Los califóridos suelen mostrar predilección por carroña animal gran tamaño y los sarcófagidos de pequeño tamaño.





### **Vestiduras:**

Las vestiduras de un cadáver lo protegen de la luz solar directa, le confieren una cierta resistencia a la abrasión y, además, afecta a la temperatura y humedad de los restos haciendo que éstas puedan ser diferentes a las ambientales.

Todos estos factores favorecen la colonización de los insectos, de hecho en experiencia realizadas con cerdos "vestidos" se ha encontrado que el número y la diversidad de los insectos implicados en la sucesión aumenta. Las vestiduras se impregnan y se saturan de los fluidos emanados del cuerpo procedentes de la descomposición, lo que provee de más lugares para la ovoposición que un cuerpo desnudo. Todo ello da como resultado unas puestas más abundantes y, por tanto, una masa de larvas de díptero más grande con lo que se acelera la descomposición.

### **Embalsamamiento:**

El embalsamamiento es un proceso específicamente diseñado para impedir la descomposición de un cuerpo, mediante este proceso se extraen los fluidos naturales del cuerpo y se reemplazan por líquidos conservantes. Por tanto, el embalsamamiento ralentiza en gran medida el nivel de descomposición de un cuerpo, además, el patrón de descomposición también se ve alterado, así éste es diferente en un cuerpo embalsamado que en uno sin embalsamar. Un cuerpo no embalsamado muestra normalmente los primeros signos de descomposición en la cara, mientras que en los cuerpos embalsamados los primeros signos aparecen en la parte posterior de la espalda, nalgas y piernas, quizás por una insuficiente penetración del líquido embalsamador en esas zonas.

La acción de los líquidos conservantes e insecticidas en el interior del cuerpo o sobre él sirve para retrasar la actividad de los insectos por un tiempo pero no de manera permanente.

### **Diferencias geográficas:**

La región geográfica o bioclimática se considera uno de los factores más influyentes en la biología de los insectos. La región biogeográfica define el hábitat, la vegetación, tipo de suelo y las condiciones meteorológicas del área. Muchas familias de insectos son relativamente ubiquistas, pero las especies individuales implicadas en la descomposición varían de una región a otra, por ejemplo, especies necrófagas muy comunes como *Chrysomya* spp. se encuentran en sureste de Estados Unidos y otras zonas subtropicales y no se encuentran en el oeste de Canadá. Pero no hace falta ir tan lejos,





en la Península Ibérica estudios realizados en diferentes puntos muestran grandes diferencias entre el tipo de especies, número de las mismas y su abundancia. Las tablas 1 y 2 muestran las especies de dípteros Califóridos y Múscidos presentes en 4 estudios realizados en la Península Ibérica.

	COIMBRA	MURCIA	HUESCA	CÁDIZ		COIMBRA	MURCIA	HUESCA	CÁDIZ
<i>Calliphora vicina</i>	X	X	X	X	<i>Hebecnema fumosa</i>			X	
<i>Calliphora vomitoria</i>	X				<i>Helina evecta</i>				
<i>Chrysomya albiceps</i>	X	X	X		<i>Hydrotaea aenescens</i>			X	
<i>Lucilia ampullacea</i>	X				<i>Hydrotaea capensis</i>	X			
<i>Lucilia caesar</i>	X			X	<i>Hydrotaea ignava</i>	X		X	
<i>Lucilia illustris</i>	X				<i>Hydrotaea leucostoma</i>			X	
<i>Lucilia sericata</i>	X	X	X		<i>Hydrotaea sp.</i>	X			
<i>Lucilia silvarum</i>	X		X		<i>Morellia hortorum</i>				X
<i>Melinda viridicyanea</i>			X		<i>Musca domestica</i>	X	X	X	
<i>Pollenia sp.</i>	X	X	X		<i>Muscina assimilis</i>		X	X	
<i>Protophormia terranovae</i>	X				<i>Muscina levida</i>	X		X	
<i>Stomorphina lunata</i>	X				<i>Muscina prolapsa</i>	X			
					<i>Muscina stabulans</i>	X	X	X	
					<i>Myospila mediatubunda</i>	X			
					<i>Ophyra leucostoma</i>				X
					<i>Phaonia rufiventris</i>	X			
					<i>Spilogona sp.</i>	X			

Tablas 1 y 2. Especies de Calliphoridae (arriba) y Muscidae (derecha) presentes en distintos puntos de a Península. El area sombreada muestra la especie predominante. Datos recopilados de ARNALDOS et al. (2006).

Como se puede apreciar las diferencias en cuanto abundancia, especie predominante y diversidad son bastante significativas en los diferentes puntos de la península. Por otro lado, los tiempos de colonización de los grupos de artrópodos y de las diferentes especies de insectos también pueden variar de una región a otra. Por citar un ejemplo, los Derméstidos son considerados generalmente como colonizadores tardíos, pero en algunas áreas aparecen en los estados iniciales de la descomposición pudiendo ser recolectados en los cuerpos del día 3 al 10 después de la muerte..

### Otros factores

Por último cabe citar más brevemente otros factores que afectan a la descomposición de los cadáveres como son la impregnación de sustancias repugnatorias, la superficie sobre la que





reposa el cuerpo y el pH del suelo. En el primer caso, en función de la composición química de la sustancia utilizada, la descomposición y el acceso de los insectos puede verse ralentizado en mayor o menor medida pero en ningún caso impedido totalmente. En cuanto a la superficie y el pH del suelo no está cuantificada su influencia real en el proceso de la descomposición.

## FASES DE LA DESCOMPOSICIÓN Y PUTREFACCIÓN

La mayoría de los estudios realizados sobre sucesión sarcosaprófaga en diferentes partes del mundo tienden a clasificar, el proceso continuo de la descomposición, en una serie de etapas discretas cada una de ellas caracterizada por un conjunto de parámetros físicos y un distintivo conjunto de artrópodos, delimitando una serie más o menos estandarizada de etapas de descomposición sucesivas y claramente definidas. Sin embargo, siempre hemos de tener en cuenta que, estas divisiones son artificiales y, en la naturaleza, los parámetros físicos y las comunidades de artrópodos no evolucionan de manera discontinua, por tanto el valor de estas etapas es solamente como punto de referencia pero éste es particularmente importante cuando se intenta explicar los fenómenos asociados con la descomposición a personas no entendidas en el tema, como es el caso de un jurado.

La putrefacción consiste en un proceso de fermentación pútrida de origen bacteriano. Los gérmenes responsables se desarrollan en la materia orgánica cadavérica, produciendo enzimas que actúan selectivamente sobre los principios orgánicos (lípidos, proteínas, glúcidos), dando lugar a modificaciones profundas del cadáver que conducen a su destrucción, Una vez terminado este proceso, sólo persisten las partes esqueléticas de naturaleza calcárea, los dientes, las uñas y los pelos, mientras que las partes blandas se reintegran al ciclo bioesférico (VILLANUEVA CAÑADAS, 2004)

En cadáveres humanos la putrefacción evoluciona en cuatro fases o periodos bien caracterizados:

- **Fase colorativa o cromática:** En ella se inicia el primer síntoma objetivo de la putrefacción, la denominada "mancha verde". Esta pigmentación es debida a la aparición de sulfohemoglobina, localizándose inicialmente a nivel de la fosa ilíaca derecha (la putrefacción se inicia a nivel intestinal) para posteriormente extenderse a todo el cuerpo y adoptar una coloración pardonegruzca. Este periodo se inicia normalmente 24 h después de la muerte, dura varios días, y a él se van añadiendo poco a poco, los fenómenos propios de la segunda fase.





- **Fase enfisematosa:** Se caracteriza por el desarrollo de gran cantidad de gases en el cadáver que lo abomban y desfiguran confiriéndole un aspecto macrosómico (hinchado). La infiltración gaseosa invade todo el tejido celular subcutáneo, el hinchamiento se localiza inicialmente a nivel de la cavidad abdominal y se extiende por todo el cuerpo. Como consecuencia de este fenómeno, en cuerpos de mujeres embarazadas se pueden producir partos postmortem.

Otro fenómeno muy característico es la salida a la superficie de la red venosa que se hace muy aparente en todas las regiones corporales, esto hace que el cuerpo tome un aspecto marmóreo. Este periodo tiene una duración de varios días, a veces, un par de semanas.

- **Fase colicuativa o de licuefacción:** Durante esta fase la epidermis se despega por reblandecimiento, formándose ampollas llenas de líquido de dimensiones variables. La epidermis permanece bastante bien conservada y puede desprenderse fácilmente del plano subyacente por la simple presión de los dedos formándose colgajos. El aspecto del cadáver es similar al de una quemadura de segundo grado. Los gases van escapando y el cadáver va perdiendo el aspecto macrosómico que tuvo en el periodo anterior. Esta fase dura generalmente de 8 a 10 meses.
- **Periodo de reducción esquelética:** Paulatinamente, durante un tiempo que oscila entre 2 y 3 años, hasta un máximo de 5, todas las partes blandas del cuerpo irán desapareciendo a través de su licuefacción quedando reducidas a lo que se denomina putrúlagos, formado principalmente por los restos de útero, riñón y corazón. El putrúlagos puede tener gran interés forense ya que, por ejemplo ciertas sustancias pueden ser identificadas analizándolo.

Los trabajos de sucesión sarcosaprófaga, por motivos obvios, se realizan con modelos animales por ello, para poder extrapolar los resultados obtenidos a los cadáveres humanos se trata de adaptar las fases de la descomposición de los modelos animales a las de los cadáveres humanos anteriormente descritas.

En la bibliografía existente nos encontramos que se proponen en los modelos animales unas diferentes fases de la descomposición, siempre eminentemente descriptivas de los procesos físicos que están ocurriendo en el cadáver animal. Resulta una tarea casi imposible, incluso en trabajos realizados bajo condiciones ambientales y experimentales muy similares, uniformizar las fases de la descomposición en distintos modelos animales. No sorprende, por tanto, que podamos encontrar en la bibliografía diferentes métodos, parámetros o características, para definir y delimitar las diferentes etapas de la descomposición.





Sin embargo, en la actualidad se ha adoptado por convención que, en un cadáver animal intacto, pueden observarse 5 fases en la descomposición, éstas están marcadas por unas características físicas que las hacen fácilmente asimilables a las fases de la putrefacción de cadáveres humanos.

1. **Estado fresco:** Se inicia en el momento de la muerte y finaliza cuando el hinchamiento del cadáver es evidente. El cambio más evidente es el paulatino color verdoso que va adquiriendo a piel del abdomen.
2. **Enfisematoso:** En éste aparece el principal proceso de la descomposición, la putrefacción. Los gases producidos por la actividad metabólica de las bacterias anaeróbicas producen el hinchamiento del abdomen y el cuerpo adquiere un aspecto abombado. En algunos textos en español se puede encontrar esta fase denominada como estado hinchado por su traducción literal del término inglés "bloated".
3. **De descomposición:** Éste es el único estado en el que se produce un hecho físico distintivo que marca el punto de partida. El inicio de este estado se considera cuando la piel empieza a romperse (por el hinchamiento producido por los gases y por la actividad de las larvas de diptero), saliendo al exterior los gases y los fluidos corporales. Durante esta fase se puede apreciar fuerte olor producido por la descomposición.
4. **De descomposición tardía:** Se produce cuando los restos están reducidos a piel, cartilago y huesos.
5. **Esqueletización:** Este estado se produce cuando sólo quedan restos de huesos y de faneras.

### SUCESIÓN FAUNÍSTICA EN LOS CADÁVERES

Los animales que se alimentan de la carroña forman una sucesión faunística temporal asociada a los distintos estados de descomposición del cuerpo. Las distintas fases de la descomposición de un cadáver, con sus consecuentes cambios físico-químicos, atraen a diferentes especies de insectos lo que hace que éstos aparezcan en la comunidad en una secuencia de colonización, que también se denomina sucesión sarcosaprófaga, que una vez conocida hace que pueda ser previsible

En este tema el término sucesión es utilizado en su concepto más intuitivo de aparición, desarrollo y reemplazamiento de unas especies o grupos por otros en el cadáver.

Los insectos son atraídos hacia los restos inmediatamente después de la muerte, frecuentemente en intervalos de minutos. Son numerosas las referencias a la temprana llegada de los Dípteros a un cadáver. En este sentido los datos mencionan su presencia en los primeros







minutos, en las primeras horas o a lo largo del primero o los dos primeros días. Esta premisa es asumida la mayor parte de las veces en las estimaciones de los intervalos postmortem, y resulta ser especialmente cierta cuando existen excrementos, vómitos, etc. Las ropas manchadas de sangre también atraen las moscas para la ovoposición, en especial si las ropas están húmedas y la sangre ha comenzado a descomponerse.

Es generalmente aceptado que los dípteros colonizadores más tempranos (*Calliphoridae*) utilizan, para la localización de los cadáveres, la detección de las sustancias químicas emanadas del cuerpo, especialmente en grandes distancias. Estudios realizados en Sudáfrica han demostrado la capacidad de los dípteros para recorrer grandes distancias atraídas por las sustancias químicas emanadas del cadáver. Durante este trabajo se llegaron a capturar ejemplares marcados del género *Chrysomya* en trampas cebadas situadas a una distancia de 63,5 Km del punto donde las moscas fueron puestas en libertad.

La ovoposición, además, es inducida por la presencia de compuestos ricos en amoníaco tanto como por la humedad, feromonas y estímulos táctiles y la visión, el color y la presencia de otros congéneres en los restos son también importantes para la misma. Los restos en descomposición son mas atractivos para las moscas desde el momento en que una hembra de díptero ya ha puesto huevos en él, a partir de ese momento muchas hembras inmediatamente ponen numerosos huevos en un área. Este comportamiento parece ser una estrategia evolutiva para prevenir la desecación y la predación durante la etapa huevo, que tiene como resultado un gran número de larvas de díptero en el cuerpo. Las grandes masas de larvas pueden descomponer un cuerpo más rápidamente que larvas individuales y, además pueden generar calor que protege a los insectos contra las bajadas de temperatura.

El olor que emana el cuerpo cambia a medida que el cuerpo se descompone, de manera que conforme este proceso se desarrolla el cuerpo llega a ser más atractivo a algunas especies, a la vez que menos atractivo para otras. A pesar de que los dípteros (califoridos) son atraídos a los restos en descomposición de forma muy temprana, cuando el cadáver alcanza ciertos estados de la descomposición o llega a estar momificado o seco, pierde todo el atractivo para las moscas.

Para la detección cercana de los cuerpos, su sistema visual juega un papel muy importante. La detección de estímulos químicos no se modifica durante la noche sin embargo, la visión si se ve afectada en condiciones de baja iluminación. Los ojos de los *Calliphoridae* son mucho menos sensibles a la luz que los ojos de otros insectos como pueden ser polillas o escarabajos). Además, ninguna de las estructuras que presentan, para la adaptación a la visión







nocturna, otros tipos de dípteros como por ejemplo los mosquitos, ha sido encontrada en los dípteros de importancia forense.

Otro factor que influye en la atracción a los restos es el fotoperiodo, las moscas más comunes en los cadáveres son especies diurnas y normalmente descansan por la noche, por lo tanto no es habitual la ovoposición nocturna. A pesar de que las moscas raramente ovopositan por la noche, éstas si que pueden poner huevos en áreas oscuras durante el día, como por ejemplo en garajes oscuros, cuerpos envueltos, cuerpos en contenedores, chimeneas... todo esto parece indicar que la oscuridad no inhibe la ovoposición sino que es el ritmo circadiano.

Independientemente de la localización geográfica, que como hemos visto anteriormente, afecta a las especies implicadas en la sucesión, existen ciertos parámetros comunes a la mayoría, si no a todos, los estudios de sucesión. A pesar de que la fauna es frecuentemente regional, están implicados los mismos grandes grupos de artrópodos.

## SUCESIÓN Y DESCOMPOSICIÓN EN CUERPOS EXPUESTOS

En esta situación es la que se han realizado la mayoría de los estudios de sucesión sarcosaprófaga y es del que se dispone mayor información.

Los artrópodos más representativos en función de la fase de la descomposición del cuerpo son los siguientes:

1. **Estado fresco:** Esta fase comienza en el momento de la muerte y finaliza cuando el hinchamiento del cadáver es evidente. Los primeros organismos en llegar a los restos son las moscas de las familias *Calliphoridae* y *Sarcophagidae*. Las larvas y huevos de estos dípteros son depositados alrededor de los orificios naturales del cuerpo, primariamente los asociados con la cabeza (ojos, nariz, boca, oreja) y región urogenital. Las posibles heridas, incisas o contusas, son también, en general, lugares de atracción primaria, aunque en algunas áreas (Hawaii) aparecen como secundarios.
2. **Estado enfisematoso:** Además del aspecto abombado característico de esta fase de la descomposición, la temperatura interna del cadáver empieza a aumentar como resultado combinado de los procesos de putrefacción y la actividad metabólica de las larvas de dípteros. Los *Calliphoridae*, durante este estado, son fuertemente atraídos a los restos llegando a alcanzar su mayor número cuando el cadáver presenta su mayor grado de hinchamiento. Los fluidos procedentes de las aberturas naturales del cuerpo junto con el amoníaco producido por el metabolismo de las larvas de dípteros causan que el suelo alrededor del





cadáver llegue a ser alcalino. La fauna del suelo habitual en esa zona se dispone debajo de los restos durante este estado.

- Fase de descomposición:** El taxón predominante en este estado son las grandes masas de larvas de dípteros alimentándose. Durante este estado los Coleópteros llegan en gran número a los restos. Mientras algunos grupos de coleópteros predadores, como las especies de *Staphylinidae*, estaban ya presentes durante el estado enfisematoso, la mayoría de grupos de los predadores y de los necrófagos aparecen durante esta fase. Para el final de esta fase, la mayor parte de los *Calliphoridae* y *Sarcophagidae* han terminado su desarrollo larval dentro del cadáver y han partido de los restos para su pupación, pero todavía pueden encontrarse larvas de dípteros en las masas musculares procedentes de los restos.
- Fase de descomposición tardía:** Los Dípteros dejan de ser el grupo predominante de entre los organismos presentes. Los Coleópteros (generalmente Derméstidos, Cléridos y Nitidúlidos) predominan en este estado en número y diversidad principalmente en hábitats mesofíticos y xerofíticos. Asociados a este aumento del número de coleópteros, se incrementa el número de sus parásitos y predadores en los restos. En hábitats húmedos (pantanos, bosque lluvioso...) los coleópteros pueden ser sustituidos funcionalmente por otros taxones, principalmente de Díptero, y sus complejos predador/parásito.
- Esqueletización:** No existen grupos típicos en este estado, y lo que se observa es una gradual "vuelta a la normalidad" en el área alrededor de los restos. Un examen del suelo bajo los restos revela que durante las primeras fases de este estado aparecen varios grupos de ácaros que pueden ser utilizados para las estimaciones de los intervalos postmortem. En este estado no hay un definitivo "punto y final" y dependiendo de las condiciones locales se pueden detectar algunas variaciones en la composición de la fauna del suelo varios meses o incluso en los años siguientes a la muerte.

Como hemos apuntado anteriormente, para esta situación es para la que se han realizado la mayoría de los trabajos, pero la casuística de aparición de un cadáver en un caso forense es prácticamente infinita, por ello es necesario la realización de estudios en diferentes situaciones (cadáveres enterrados, sumergidos en agua, quemados...), lamentablemente, estos otros tipo de estudios, en comparación con los realizados para cebos expuestos, se encuentran en sus inicios.

## SUCESIÓN Y DESCOMPOSICIÓN EN LOS CUERPOS ENTERRADOS

El enterramiento afecta al proceso de descomposición al excluir las bacterias aeróbicas y la sucesión normal de la fauna de invertebrados, sin embargo, en el cuerpo puede ser encontrada





un número limitado de diferente fauna, la cual varía con la naturaleza y profundidad del enterramiento.

Los restos enterrados son colonizados por los insectos, pero el enterramiento influye en el tiempo que necesitan para localizar el cadáver, en la secuencia de colonización, las especies implicadas y el nivel de la descomposición. Un recubrimiento de suelo de los restos puede inhibir alguna, pero no toda la fauna que se encontraba en cuerpos expuestos.

El enterramiento también afecta al proceso de la descomposición. En este sentido, el hecho más significativo es el aumento del tiempo necesario para la reducción del cadáver a restos esqueléticos, llegando algunos autores a indicar que el nivel de descomposición en cadáveres enterrados en relación a los expuestos se ve reducido 8 veces. Esta circunstancia se atribuye al medio ambiente edáfico, pero también está influenciado por la limitación en el acceso de la fauna necrófaga, tanto vertebrada como invertebrada.

Muchos de los artrópodos que aparecen los cadáveres expuestos, en los enterrados, por la propia naturaleza del enterramiento, ven impedidos su acceso. Los dípteros Calliphoridae, elemento principal de la fauna en cuerpos expuestos, son completamente excluidos en enterramientos de más de 40 cm. de espesor. Otros miembros de la comunidad sarcosaprófaga artropodiana, pueden ser menos numerosos o aparecer más tarde. Sin embargo, esto no impide que algunos de ellos sí que hayan desarrollado estrategias para poder alcanzar los cuerpos. Ciertos insectos dejan sus huevos en la superficie del suelo y las larvas recién eclosionadas acceden a los restos excavando en el suelo, entre estas especies se incluyen algunos dípteros como por ejemplo *Muscina sp.* En otros casos, son los adultos los que penetran en el suelo y ovopositan en el cuerpo entre ellos nos encontramos Coleópteros *Staphylinidae* y dípteros *Phoridae*. Se han encontrado ejemplares adultos de himenópteros parasitoides *Braconidae* y *Proctotrupidae* han sido encontrados a profundidades de al menos 50 cm.

En relación con cuerpos enterrados se han recogido diferentes grupos de artrópodos como ácaros, arañas, milpiés, colémbolos, tisanuros, blatoideos, himenópteros, dermápteros, dípteros y coleóptero. De manera directa para la estimación del intervalo postmortem se utilizan sólo unos pocos taxones, principalmente dípteros y algunos coleópteros, pero no se debe excluir el impacto que grupos de artrópodos predadores como arañas, algunos coleópteros, dermápteros... pueden tener sobre el número de artrópodos necrófagos

De entre los escasos trabajos realizados en este campo, merece la pena destacar el efectuado por VANLAERHOVEN & ANDERSON (1999). Las autoras realizan un trabajo muy amplio utilizando cerdos como modelo animal, a los cuales enterraron a una profundidad aproximada de





30 cm y los dispusieron en dos regiones bioclimáticas diferentes de Canadá. Los resultados indican que, en ambas áreas, los Múscidos son mucho más abundantes en los cerdos enterrados que en los expuestos y, a pesar de que, los Califóridos colonizaban los restos, no formaban masa de larvas y la temperatura de la carcasa permanecía muy similar a la del suelo. Esto último contrasta con resultados de otros autores en los que se ha registrado un incremento en la temperatura de los cadáveres. Las autoras lo explican como influencia de la región biogeográfica y del tipo de suelo, concluyendo que el tipo de suelo tiene, en estas situaciones, una marcada influencia en la colonización de los insectos.

A pesar de que se reconoció una secuencia de colonización claramente identificable, esta fue bastante diferente de la obtenida de las muestras control expuestas. Algunas especies eran mucho más abundantes en los cuerpos enterrados y otras más abundantes en los expuestos, también que las especies que colonizan cuerpos expuestos y enterrados frecuentemente aparecen en diferentes intervalos de tiempo después de la muerte.

La colonización de los restos por los insectos puede ser retrasada por el enterramiento dos o más semanas en algunos casos. Sin embargo, cuando en este estudio los cadáveres se dejaron expuestas 48 horas antes de enterrarlas (lo más común en un homicidio), éstos fueron colonizados por Califóridos así la presencia de fauna exclusiva de la superficie, nos puede indicar que el enterramiento no ha tenido lugar inmediatamente después de la muerte.

Finalmente, en cuanto a los datos recogidos de casos forenses, la mayoría de las referencias a enterramientos se refieren a enterramientos ilegales, en los cuales, la víctima es normalmente enterrada rápidamente y superficialmente en un esfuerzo de hacer desaparecer lo más rápidamente posible el cuerpo. Sin embargo, incluso en los enterramientos legales tradicionales se encuentran ciertas especies de insectos, esta afirmación se podría poner en duda en la actualidad con los modernos ataúdes y enterramientos, pero se han detectado más de 12 taxones de artrópodos. La especie *Conicera tibialis* (Phoridae) es la más común en estos casos, se ha visto a adultos de esta especie enterrarse, poner los huevos cerca del cuerpo y posteriormente a salir los adultos de la tierra después de la eclosión.

## SUCESIÓN Y DESCOMPOSICIÓN EN CUERPOS QUEMADOS

En relación con la posible atracción de los insectos hacia los restos quemados encontramos en la bibliografía datos contradictorios, algunos autores indican que la ovoposición de los dípteros no está tan influenciada por la humedad como por el estado del contenido proteico de la misma. Si éste se encuentra coagulado por el calor, aunque fuera rehidratado, no





es atractiva para la ovoposición. Estos mismos autores también indican que esto mismo sucede con la carne recién cocinada y húmeda. Sin embargo, todos estos datos están claramente en contra de lo que podemos observar cotidianamente sobre el comportamiento de los dípteros, al menos, en nuestras latitudes.

En casos forenses los escasos datos de que se disponen de este tipo de cadáveres indican la aparición de especies de Califóridos (*Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria*, *Lucilia caesar* y *Lucilia cuprina*), Múscidos (*Ophira sp*) y *Fannidae* (*Fannia canicularis*).

AVILA & GOFF (1998) hasta la fecha han realizado el estudio más pormenorizado (y casi el único) en cuerpos quemados. Como modelo animal utilizaron cerdos que quemaron hasta el nivel CGS 2. Éste es un índice (Crow-Glassman Scale) utilizado frecuentemente en medicina forense para estandarizar, tanto en un cadáver como en un herido, los daños producidos por una quemadura. En el nivel CGS 2 la forma del cuerpo todavía es reconocible pero aparecen varios grados de carbonización, la destrucción del cuerpo se limita a la ausencia de elementos en manos y pies, y la posibilidad de la desaparición de la genitalia y orejas.

El estudio se realizó en dos hábitats diferentes: xerofítico y bosque lluvioso y en ambos casos se utilizaron muestras control intactas. En los cadáveres quemados se reconocieron cuatro estados de descomposición: fresco, enfisematoso, de descomposición y de descomposición tardía. Para ambos hábitats no se observaron diferencias entre el cebo quemado y la muestra control en la fauna de artrópodos y en su sucesión. Sin embargo, en los cadáveres quemados la ovoposición de los califóridos tiene lugar que en los intactos, en concreto en el hábitat xerofítico ocurre un día antes en y en el bosque lluvioso 4 días antes. Estas diferencias hacen que a la hora de estimar el intervalo postmortem a partir de los patrones de sucesión de los artrópodos, haya que tener en cuanto el estado del cadáver ya que éste se puede ver alterado entre 24 horas y 4 días.

## SUCESIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE LOS CUERPOS SUMERGIDOS EN AGUA

Cuando los restos se encuentran en agua, la sucesión es muy diferente a la de tierra firme. La sucesión esta muy influenciada por muchos factores entre los que se incluye el tipo de cuerpo de agua (lago, arroyo, acequia, océano...), la temperatura del agua, la estación, presencia o ausencia de vestido, carroñeros y la zona bioclimática.

El proceso de la descomposición, en agua, se retarda debido a que la temperatura corporal se pierde dos veces más rápido que en el aire. La descomposición de un cadáver humano en el agua se inicia con la inclinación de la cabeza hacia abajo, la sangre se dirige hacia la zona de la cabeza y cuello y allí comienza la descomposición. La coloración verdosa no





aparece hasta 5 ó 6 días después de la muerte y, en condiciones templadas, la generación de gases no hace que el cuerpo flote hasta pasados de 6 a 10 días después de la muerte. La piel de las manos y pies empieza a arrugarse después de 10-12 horas, y después de 10 días la piel desaparece y empieza a descomponerse. En este tiempo, el pelo comienza a perderse y transcurridas 3-4 semanas de la muerte las uñas de dedos y pies son fácilmente extraíbles. En verano, la duración de este periodo se reduce a la mitad. Finalmente, la carne restante se precipita hacia el fondo y el esqueleto se hunde.

Como hemos comentado anteriormente, la fauna de los cuerpos totalmente sumergidos difiere lógicamente de la de los cuerpos expuestos, enterrados o quemados pero si partes de este cuerpo salieran fuera del agua (o hubiera estado algún tiempo expuesto antes de la inmersión) pueden aparecer larvas de dípteros y otros insectos terrestres o de superficie.

El principal problema en hábitats acuáticos es, la inexistencia de insectos acuáticos sarcosaprófagos comparables a los de tierra firme. Los insectos acuáticos se alimentan principalmente de algas, materia vegetal en descomposición u otros insectos y, habitualmente, no tienen acceso a materia orgánica en descomposición de grandes animales, por ello, no existen hábitos alimentarios sarcosaprófagos en las especies acuáticas, aunque se ha detectado que pueden actuar como sarcosaprófagos facultativos.

La colonización por los insectos acuáticos de un cuerpo sumergido es bastante compleja. El encuentro con el sustrato (o el cuerpo), está influenciado por la velocidad de la corriente, el número de los individuos presentes en las diferentes profundidades del agua y la posición relativa del sustrato dentro de la columna de agua. Una vez que el organismo ha alcanzado el sustrato, las características de ese sustrato determinan si es o no escogido, algunos organismos eligen el sustrato que les sirva como fuente de recursos alimenticios, los Tricópteros, éstos escogen preferentemente hojas que hallan sido colonizadas por hongos, pero, normalmente, el sustrato es escogido en función de sus características físicas como son tamaño, exposición a la corriente o posición.

### Ecosistemas acuáticos continentales

En los estudios en medio acuático no se consideran las mismas fases de la descomposición que en el medio terrestre. Inicialmente se consideraban 6 fases pero dada la dificultad en la diferenciación entre alguna de las fases, en la actualidad se reducen a cinco:

1. **Estado fresco sumergido:** esta fase esta definida como el periodo de tiempo entre que el cadáver permanece inicialmente sumergido hasta que empieza a flotar y alcanzar la superficie. La duración de esta fase depende de varios factores como la localización







geográfica, el microhábitat y la estación del año y, por ello, varía entre 2 a 13 días. Durante este periodo aparecen estados inmaduros de tricópteros (Trichoptera: Hydropsychidae), quironómidos (Diptera: Chironomidae) y efimeras (Ephemeroptera: Heptageniidae) y adultos de coleópteros Hidrophilidae.

2. **Fase de flotación temprana:** Como consecuencia de la producción de gases en el interior del abdomen, los restos ascienden a la superficie dejando expuestas amplias zonas del cuerpo, principalmente abdomen. El cadáver emana fluidos y gases por el ano y los tejidos toman una coloración verdosa. En esta fase aparecen insectos típicamente terrestres como Dípteros *Calliphoridae*, *Sarcophagidae* y *Muscidae* que depositan sus huevos o larvas en las zonas expuestas del cadáver, coleópteros *Silphidae* y *Staphilinidae* que alimentan de los restos o de las larvas de díptero y himenópteros *Vespidae* predando sobre los dípteros tanto larvas como adultos. En las zonas sumergidas del cadáver aparecen tricópteros (Hydropsychidae), quironómidos, efimeras (Heptageniidae) e isópodos acuáticos (Crustácea).

La duración de esta fase de la descomposición va a depender en gran medida de la estación del año, por ejemplo en primavera la duración es de 6-8 días y en invierno de 23 a 37 días.

3. **Fase de flotación en estado de descomposición.** Durante esta fase la intensa actividad de las larvas de díptero hace que se observen numerosos orificios en la parte expuesta de los restos. Además, se encuentran numerosos colépteros (*Silphidae*, *Staphilinidae* e *Histeridae*) predando sobre los restos, Plecópteros (*Perlodidae*), otros dípteros como simúlidos (Diptera: *Simuliidae*) y larvas de quironómidos y cangrejos de río alimentándose del cadáver.

En función de la región geográfica esta fase de la descomposición se prolongará en mayor o menor medida, pudiendo variar entre 8 a 331 días.

4. **Fase de flotación en estado de descomposición avanzada.** La mayoría de los tejidos expuestos sobre la superficie del agua han desaparecido debido a la actividad de las larvas de díptero, éstas una vez finalizado su desarrollo comienzan a migrar con lo que la mayoría de ellas caen al agua y mueren. Durante esta fase aparecen también quironómidos, simúlidos y vertebrados como peces (*Centrarchidae*, *Cyprinidae* y *Cottidae*) que se alimentan tanto de los restos como sus los macroinvertebrados asociados. La duración de esta fase varía de entre 12 a 171 días.

5. **Restos hundidos.** La duración de esta estado es muy variable, únicamente quedan sobre el sustrato huesos y trozos de piel. Durante esta fase además de peces, pueden encontrarse







cangrejos de río, larvas de quironómidos y efímeras, anélidos, sanguijuelas, caracoles y anfípodos (Crustacea).

### Medio marino

La fauna también puede variar según sea agua dulce o marina. Los estudios en medio marino son muy escasos pero de ellos se deduce que mientras que en los ecosistemas acuáticos continentales y terrestres los insectos son el grupo dominante, en ambientes marinos la fauna carroñera está representada principalmente por crustáceos, peces, moluscos gasterópodos y equinodermos.

En cuanto a los hábitats intermareales, los patrones de la descomposición están afectados por los mismos factores que afectan a la descomposición en los hábitats marinos: temperatura, salinidad, profundidad, corrientes, naturaleza del sustrato y el número y clase de los organismos carroñeros. Sin embargo, al contrario que en estudios anteriores, los descomponedores primarios no son los peces, moluscos, crustáceos o equinodermos. En los hábitats intermareales la fauna dominante son los dípteros aunque ven limitada su actividad dependiendo del emplazamiento del cadáver.

En la tabla adjunta (tabla 3) se muestra una comparativa de la fauna artrópoda sarcosaprófaga en los distintos tipos de hábitats acuáticos.

ORDEN	HÁBITAT			
	Terrestre	Agua dulce	Estuario	Marino
Ephemeroptera	A	L	L	--
Odonata	A	L	L	--
Hemiptera	A	A,L	A,L	A,L
Plecoptera	A	L	L	--
Coleoptera	A,L,P	A,L	A,L	A,L
Diptera	A,L,P	L,P	L,P	L,P
Megaloptera	A,P	L	--	--
Trichoptera	A	L,P	L,P	L,P

Tabla 3. A: adulto, L: larva, P: pupa. Datos modificados de Ward (1992) y Merritt & Wallace (2010)

### Datos biológicos

En un cadáver sumergido no es descartable la presencia de insectos típicamente terrestres, si estos insectos están vivos o no y sus periodos de prevalencia nos puedan dar información muy valiosa a la hora de estimar los intervalos postmortem o una posible manipulación del cadáver. A continuación, exponemos algunos datos que consideramos de interés en este aspecto.





- Se sabe que las pulgas no pueden sobrevivir una inmersión de 24 horas, pero si pueden sobrevivir a una inmersión de 12 horas, requiriendo una hora para revivir. Si la inmersión es de 18 a 20 horas, un periodo para revivir es de 4 a 5 horas.
- Los piojos mueren en las 12 horas siguientes a la inmersión.
- Las larvas de mosca que estuvieran presentes en el cuerpo cuando fue sumergido no sobreviven mucho tiempo, lo que indica que si estuvieran vivas es que ha sido trasladado recientemente de otro lugar.

### SUCESIÓN FAUNÍSTICA ESTACIONAL

Los trabajos que se desarrollen a lo largo de las cuatro estaciones anuales estacionales son fundamentales para tener una idea global de la sucesión faunística en la carroña y para poder dilucidar posibles cambios estacionales, no ya en los grandes grupos de artrópodos implicados, que como hemos visto anteriormente se mantienen prácticamente constantes para cada una de las etapas de la descomposición, sino en las especies que aparecen de cada uno de estos grupos.

La estación del año tiene una gran influencia en el clima y en la flora y fauna de una región, por lo tanto entonces también tiene una gran influencia en la colonización faunística de un cuerpo. La mayoría de las especies de dípteros significativos presentan variaciones en su abundancia dependiendo de la estación, pero no sólo ellos se ven afectados por la estacionalidad, muchos otros insectos carroñeros presentan picos de actividad diferentes según la estación y así, en algunos casos el tiempo de colonización de algunas especies es diferente en función de la estación del año.

La estacionalidad (o la abundancia relativa) de ciertos insectos y el potencialmente diferente tiempo de colonización de los restos en distintas estaciones es importante por varias razones:

1. Los estudios sucesionales a lo largo de un año darán una base de datos válida para un área
2. Los insectos pueden ser utilizados para determinar la estación del año en la que ocurrió la muerte y este hecho es muy útil cuando los restos son descubiertos varios años después de la muerte.

Desgraciadamente, los trabajos en este sentido son bastante escasos y en alguno de ellos los resultados que aportan son bastante parciales. En la Península Ibérica, hasta la fecha,





solamente se han realizado dos trabajos de este tipo, uno de ellos en Aragón (CASTILLO MIRALBÉS, 2001) y en Murcia (ARNALDOS, 2000).

A continuación exponemos los resultados obtenidos en este último estudio al considerarlo de gran interés dado que nos encontramos en su ámbito de influencia. El estudio se efectuó a lo largo de las 4 estaciones anuales en periodos de muestreo de aproximadamente 50 días. Durante las primeras dos semanas el muestreo fue diario para posteriormente pasar a tomar las muestras cada dos o tres días.

El modelo animal utilizado fueron cadáveres de pollo parcialmente descarnados con las vísceras en su interior, en ellos las fases de la descomposición observadas a lo largo del periodo de muestreo fueron estado fresco, de descomposición, descomposición tardía y esqueletización.

En la totalidad del periodo de estudio los grupos de artrópodos de mayor captura fueron dípteros (37,03%), colémbolos (27,92%) e himenópteros (18,55%). Por estaciones, en primavera y verano predominaron los dípteros (42,33% de porcentaje de captura en primavera y 22,40% en verano) e himenópteros (32,51% en primavera y 29,38% en verano) y en otoño e invierno, dípteros (37,08% en otoño y 41,47% en invierno) y colémbolos (54,75% en otoño y 39,13% en invierno)

Las estaciones mayor captura fueron primavera y otoño. En la mayoría de las estaciones, las fases de la descomposición con mayor número de artrópodos fueron las de descomposición y descomposición tardía.

En relación con las categorías ecológicas recolectadas, los necrófagos, necrófilos y omnívoros constituyen más del 55% de los ejemplares capturados. En el anexo I se muestra el listado total de los taxones recogidos junto con su caracterización ecológica, pero los miembros más importantes son:

- Necrófagos: *Phaenicia sericata*, *Chrysomya albiceps*, *Calliphora vicina*, *Musca domestica*, *Muscina* sp., Phoridae, Sarcophagidae, Sphaeroceridae, Dermestidae, y Nitidulidae
- Necrófilos: Histeridae, Staphylinidae, Diapriidae, Encyrtidae, Mymaridae, Scelionidae y Araneida
- Omnívoros: *Necrobia rufipes*, Tenebrionidae, Formicidae y Vespidae
- Oportunistas: Acarida y Collembola





En el anexo II aparecen los taxones recolectados en cada una de las fases de la descomposición.

Como resultado final de este estudio se caracterizaron las especies indicadoras de cada una de las estaciones anuales y así en primavera es *Phaenicia sericata*, en Verano *Musca domestica*, en otoño *Chrysomya albiceps* y en invierno *Calliphora vicina*.

## COLONIZACIÓN EN ETAPAS TEMPRANAS

Tradicionalmente se refieren los Dípteros como los primeros colonizadores de un cadáver, donde estos insectos cumplen una parte importante de su ciclo vital. Constituyen la denominada primera escuadra de los necrófagos, que aparece inmediatamente después de la muerte. Está representada por Dípteros Califóridos, Múscidos e, incluso, Sarcófagidos. La composición específica de esta primera comunidad colonizadora varía según la región geográfica y las condiciones climatológicas del momento.

Estos Dípteros, pertenecientes a los Braquiceros, tienen un ciclo vital cuyas distintas etapas deben ser conocidas en su duración y características con fines de datación.

El ciclo comienza con el huevo salvo en los *Sarcophagidae*, que son larvíparos. La duración del periodo de huevo depende de la temperatura y la humedad y, según algunos autores oscila entre unas pocas horas y uno a tres días tras la puesta. En el caso de los Sarcófagidos, larvíparos, no se produce ovoposición, lo que implica que la larva debe ser retenida en el cuerpo materno más tiempo que un huevo.

Las **larvas** son vermiformes y ápodas, pasan por estadios larvarios antes de pupar. Las características de cada uno de estas fases son:

- Larvas I: muy pequeñas, espiráculos anteriores ausentes, espiráculos posteriores en forma de V. Esqueleto cefalofaríngeo delgado.
- Larvas II: espiráculos anteriores presentes; posteriores con dos hendiduras. Esqueleto cefalofaríngeo con pequeños garfios.
- Larvas III: espiráculos anteriores presentes; posteriores con tres hendiduras. Esqueleto cefalofaríngeo con grandes garfios orales. En muchos casos sólo es posible identificar la especie en este estadio.





Cuando las larvas han finalizado su crecimiento cesan de alimentarse y se alejan activamente del cuerpo, enterrándose en el sustrato para formar el pupario, estado inactivo, del que saldrá el adulto pasado un tiempo.

De todo el ciclo biológico referido, y para el caso de los Dípteros, las fases relevantes en la colonización temprana de los cadáveres son el estado adulto, la fase huevo y las larvas I y II. El límite de 72 horas tras la muerte resulta el momento a partir del cual la Entomología Forense es normalmente más precisa que los parámetros médicos en la determinación del intervalo postmortem y, a menudo, es el único método de determinarlo.

Son numerosas las referencias a la temprana llegada de los Dípteros a un cadáver tras acaecida la muerte; es más, existen referencias sobre la presencia de ciertas moscas ovoponiendo en cuerpos aún con vida si existían heridas abiertas o procesos inflamatorios purulentos. Las larvas que eclosionan de huevos puestos en un cuerpo vivo se alimentan, en primer lugar, de los tejidos necróticos y, más tarde, de los vivos, causando las miasis.

Así pues, la llegada temprana de los Dípteros, en especial los Calífóridos, se puede tener por segura en la mayoría de los casos. En consecuencia, si no aparecieren en un cadáver se deben considerar diversas hipótesis:

- a) Que los restos de los Dípteros hayan desaparecido, lo que no ocurre prácticamente nunca de modo completo, por acción de los necrófilos (depredadores o parásitos de los necrófagos), o por acción de otros animales (aves insectívoras, hormigas, ...). Esto no es posible más que si el intervalo postmortem es muy largo. Hay que tener en cuenta que la cutícula de los artrópodos es indestructible e insoluble en agua, por lo que sus restos pueden permanecer incluso después de miles de años. Por ejemplo, se han encontrado pupas fósiles de *Protophormia terranova* en el cráneo de un bisonte perteneciente al Cuaternario.
- b) Que el cadáver haya sido impregnado con productos repugnatorios, que impiden el acceso a él de las primeras oleadas de insectos. La presencia de arsénico, o de plomo, se ha comprobado que evitan la presencia de los necrófagos más tempranos. Lo mismo ocurre si se trata el cadáver con formol. La presencia de ropas en el cadáver no retrasa la ovoposición, pero si las ropas están empapadas con lubricantes, pinturas o combustibles se puede doblar el tiempo de la colonización inicial, y retardar la descomposición hasta un 50%.

Como se ha comentado, generalmente los Dípteros aparecen e, incluso, ovoponen ya el primer día de expuesto un cadáver. En este sentido los datos mencionan su presencia en





los primeros minutos, en las primeras horas o a lo largo del primero o los dos primeros días. Esta premisa es asumida la mayor parte de las veces en las estimaciones de los intervalos postmortem, y resulta ser especialmente cierta cuando existen excrementos, vómitos, etc... Las ropas manchadas de sangre también atraen las moscas para la ovoposición, en especial si las ropas están húmedas y la sangre ha comenzado a descomponerse. GOFF, CHARBONNEAY & SULLIVAN (1991) refieren el caso del cadáver de una niña de 18 meses de edad en el que se encontraron larvas de los estados I y II de un Califórido (*Chrysomya megacephala*) que habían invadido, incluso, el recto y la vagina. La edad de las larvas se estimó en 23,5 horas lo que, unido a la demora en la ovoposición y la duración de la etapa de huevo, elevaba la data de la muerte más allá de lo que datos médicos apuntaban. En este caso, que se asociaba a malnutrición y deshidratación, se concluyó que la ovoposición de las moscas se debió producir en vida de la niña, habiendo sido atraídas las moscas adultas por la presencia de excrementos en los pañales desechables que llevaba. De no haber estimado esto, la data de la muerte habría resultado claramente distorsionada.

Un cadáver intacto, esto es, sin lesiones o heridas abiertas, no atrae de inmediato a los saprófagos. Sin embargo en presencia de vómitos, sangre, o heridas abiertas, la ovoposición puede realizarse en pocos minutos. En cualquier caso, conviene conocer la biología, entendida en sentido amplio, de las especies involucradas en la investigación para poder acometer con fiabilidad la estimación del intervalo postmortem. Interesa, para ilustrar este punto, reseñar el caso judicial referido por NUORTEVA (1977) según el cual un capitán de transbordador fue condenado a cadena perpetua por la muerte de un cartero que apareció acuchillado una tarde de septiembre en el transbordador. El capitán había llegado a su trabajo a las 6 de la tarde, y el cuerpo apareció unas horas después. La autopsia se hizo el día siguiente a las 4 de la tarde. En su transcurso se encontraron masas de huevos y muchas larvitas recién eclosionadas de 1-2 mm de largo. Este detalle se ignoró durante el juicio. Años más tarde se reabrió el caso, y se argumentó que ninguna mosca sarcófaga es activa, en Hungría, a las 6 de la tarde en el mes de septiembre. Se indicó también que, a 26°C, los huevos de *Lucilia caesar* eclosionan después de 13 horas, los de *Phaenicia sericata* a las 10-11 horas y los de *Phormia terranova* a las 14-16 horas. Esto llevó a la conclusión de que no era posible que los huevos hubieran eclosionado si habían sido puestos el mismo día de la autopsia, por lo que debían haber sido puestos el día anterior, pero antes de las 6 de la tarde. El capitán fue entonces declarado inocente.

Sin embargo, la colonización de los restos por los Dípteros no siempre se inicia tempranamente, y como hemos visto anteriormente, hay datos diversos sobre retraso en esta







colonización. Los factores climáticos adversos, como la nubosidad, temperaturas extremas o lluvia pueden inhibir o detener por completo la actividad de las moscas adultas y, por tanto, su presencia y ovoposición en los restos. Hay que considerar, no obstante, que algunas moscas, como los Sarcófágidos, son capaces de volar bajo la lluvia.

Los huevos, o las larvas en el caso de los Sarcófágidos, se depositan de preferencia alrededor de las aberturas naturales del cuerpo (ojos, nariz, boca, orejas) y en la región anogenital en cuerpos que no han sufrido daños. Las heridas o la sangre pueden proveer lugares preferentes para la ovoposición, aunque esta atracción varía dependiendo de las especies implicadas, el grado de la lesiones y la región geográfica de que se trate.

Se sabe que las hembras de mosca tienen la capacidad de ovoponer en las zonas protegidas del cuerpo en ciertas condiciones ambientales. Por ejemplo, en épocas especialmente frías, con días muy ventosos,... las hembras tienden a buscar recovecos del cuerpo y zonas especialmente protegidas donde depositar los huevos. En consecuencia, cuando concurren estas condiciones, la búsqueda debe realizarse en esas zonas, aunque en apariencia no haya habido ovoposición.

En horas nocturnas normalmente no se produce ovoposición, aunque hay datos recientes sobre este aspecto en diversas especies, pero no debe considerarse como un comportamiento normal en las zonas templadas. No obstante, la eventualidad de una puesta nocturna en especies tan comunes como *Phaenicia sericata*, *Calliphora vicina* o *Phormia regina* puede modificar en unas 12 horas la estimación del intervalo postmortem, por ello, a la hora de evaluar las evidencias entomológicas hay que tener en cuenta la posibilidad de que se haya producido y contrastar la hipótesis con otros datos para evitar sesgos en las datas.

Los huevos eclosionan en un periodo variable de tiempo en función, como se ha apuntado en varias ocasiones, de las condiciones ambientales. No existe una duración uniforme en la incubación de los huevos en las distintas especies, aunque los márgenes no son excesivamente amplios, en un rango de 12-48 horas.

A partir del momento de la eclosión de las larvas I se debe tener en cuenta, a efectos de la estimación del intervalo postmortem las temperaturas máxima y mínima, el efecto potencial de la insolación, si existiera, en el cuerpo, y las tasas de desarrollo de las larvas a temperatura preferentemente variable. Acerca del desarrollo de las larvas de algunas especies existen diversos datos; unos se refieren a la cría de larvas bajo condiciones de temperatura, y humedad, constantes; otros intentan emular las condiciones ambientales reales, esto es, temperaturas cambiantes con el momento del día. Todo esto resulta de enorme importancia porque para







determinar la data de la muerte es esencial conocer la duración de los distintos estados de desarrollo de las diferentes especies involucradas, además de conocer qué especies están involucradas en cada caso. Ya se ha dicho que existen datos de algunas especies bajo ciertas condiciones, principalmente de temperatura, pero no hay que olvidar que también influye la naturaleza del alimento disponible durante los estados larvarios. No sólo el macroclima es importante, sino que las condiciones microclimáticas afectan en gran medida la duración del desarrollo de las distintas especies. No hay que olvidar, por otro lado, que el metabolismo activo de poblaciones muy densas de larvas puede producir una considerable elevación en la temperatura del sustrato, es decir, del cuerpo, lo que acelera el proceso de la descomposición. Tampoco se puede ignorar que condiciones ambientales muy adversas pueden, incluso, detener completamente el desarrollo e inducir diapausa larvaria.

Dos de los factores más importantes que influyen en el nivel de desarrollo de los insectos son la temperatura y la humedad relativa. En el caso de los insectos sarcosaprófagos, existen datos puntuales (Tabla 4) sobre el desarrollo de determinadas especies de interés y en determinadas fases de su desarrollo.

Especies	Tª (°C)	Huevo	LI	LII	LIII	Pupación	Fuente
<i>Calliphora vomitoria</i>	12.5	64.8	55.2	60.0	434.4	71766	Greenberg & Kunich, 2002
	23.0	21.6	25.2	19.2	214.8	247.2	
	26.7	26.0	24.0	48.0	420.0	348.0	Kamal, 1958
<i>Calliphora vicina</i>	15.8	41.4	41.6	45.0	166.0	425.7	Anderson, 2000
	20.6	22.5	34.5	27.0	129.0	301.0	
	26.7	24.0	24.0	20.	176.0	288.0	Kamal, 1958
<i>Lucilia sericata</i>	17.0	28.0	39.0	54.0	279.0	442.0	Grassberger & Reiter, 2001
	20.0	22.0	24.0	35.0	161.0	209.0	
<i>Lucilia illustris</i>	21.8	19.3	28.7	45.0	136.0	229.0	Anderson, 2000
	15.0	70.3	75.0	135.0	573.0	458.0	Byrd & Allen, 2001
<i>Phormia regina</i>	20.0	21.2	30.0	55.0	274.0	244.0	
	25.0	18.9	25.0	44.0	251.0	209.0	
<i>Protophormia terraenovae</i>	12.5	91.2	290.4	240.0	832.8	722.4	Greenberg & Kunich, 2002
	23.0	16.8	26.4	27.6	118.8	144.0	

Tabla 4. Duración media (en horas) del ciclo biológico de algunas especies de importancia forense. Adaptado y ampliado de GENNARD (2007).





REITER (1984) inició una línea de investigación sobre el estudio de los ciclos vitales de los dípteros sarcosaprófagos centrada en su utilidad práctica forense.

Resulta especialmente interesante la representación gráfica de los datos de desarrollo denominada isomegadiagrama. Utilizándola es posible determinar la edad de las larvas a partir de su longitud y por medio de una rápida y fácil lectura. Esta línea de investigación ha continuado disponiéndose en la actualidad de las denominadas isomegadiagramas e isomorfodiagramas.

Sería deseable disponer de gráficas de ese tipo para las especies más comunes, a pesar de que pudieran aparecer variaciones de índole geográfica que supusieran que los tiempos de desarrollo, desde la ovoposición a la eclosión del adulto, pueden diferir en varias regiones del planeta. Este hecho no sería atribuible a la metodología empleada sino probablemente a factores intrínsecos como la adaptación geográfica.

Desafortunadamente, para las especies mejores indicadoras en nuestra área de influencia estos estudios de desarrollo realizado con poblaciones autóctonas son muy escasos.

Al hablar de la estimación de la edad de las larvas por su tamaño es conveniente tratar sobre las potenciales alteraciones del desarrollo larvario en función de las características del sustrato alimentario de las larvas. Si este sustrato porta determinadas sustancias las larvas pueden ver alterado su desarrollo de modo que la estimación de su edad puede resultar errónea. *Parasarcophaga ruficornis* (Sarcofágido) criada en sustratos portadores de metanfetamina y amitriptilina muestra un crecimiento diferencial. El comportamiento de los adultos no mostró alteración alguna respecto a los controles, pero las larvas sí presentaron alteraciones en cuanto a su crecimiento. A partir de las primeras 24 horas, aproximadamente, las larvas criadas en sustrato con metanfetamina crecieron más rápidamente que las control, mientras que las criadas en sustrato con amitriptilina lo hicieron más lentamente. *Boettcherisca peregrina* (Sarcofágido) criada en presencia de cocaína y heroína, respectivamente, apreciaron diferencias a partir de las horas 30 y 18; en ambos casos el crecimiento larvario se acelera y los estadios larvarios acortan su duración. Las larvas criadas con cocaína llegaron a parecer 18 horas más viejas que las larvas control. Repitiendo las experiencias con drogas de diseño (3,4 metilendioxiánfetamina MDA), que no parece acumularse en el cuerpo de las larvas, como ocurre con otras drogas, se comprobó que también afecta al crecimiento larvario de modo que, a partir de las primeras 24 horas, las larvas lentifican su crecimiento pareciendo más jóvenes de lo que les corresponde.





Así, si se detectase la presencia de sustancias extrañas, estupefacientes,... en un cuerpo habrá de atenderse al tipo de sustancia y el efecto que pudiere presentar en el desarrollo de los insectos que se estuvieren desarrollando a partir de él.

**Anexo I:** Relaciones tróficas de los taxones capturados en relación a los restos en descomposición. **NC:** necrófago, **NF:** necrófilo, **OM:** omnívoro, **OP:** oportunista, **AC:** accidental, : significativo

ORDEN	TAXONES	GÉNERO y ESPECIE	RELACIONES TRÓFICAS					
			NC	NF	OM	OP	AC	
Collembola								
Zygentoma	Lepismatidae							
Orthoptera	Acrididae	<i>Truxalis nasuta</i>						
	Gryllidae							
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>						
		<i>Forficularidae sp.</i>						
Embioptera	Embiidae	<i>Embia sp.</i>						
	Oligotomidae	<i>Haploembia sp.</i>						
	Embioptera sp.							
Psocoptera	Caeciliusidae	<i>Caecilius flavidus</i>						
	Ectopsocidae	<i>Ectopsocus sp.</i>						
		<i>Ectopsocus briggsi</i>						
	Lachesillidae	<i>Lachesilla pedicularia</i>						
		<i>Lachesilla quercus</i>						
	Liposcelididae	<i>Liposcelis sp.</i>						
	Psyllipsocidae	<i>Dorypteryx sp.</i>						
Trichopsocidae	<i>Trichopsocus dalii</i>							
Heteroptera	Anthocoridae							
	Cydnidae							
	Lygaeidae	<i>Geocoris sp.</i>						
		<i>Lygaeidae sp.</i>						
	Microphysidae							
	Miridae							
	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i>						
	Reduviidae	<i>Empicoris sp.</i>						
	Tingidae							
	Homoptera	Aphidoidea						
Aleyrodidae								
Cixiidae								
Coccidae								
Jassidae								
Psyllidae								
Thysanoptera	Aeolothripidae	<i>Aeolothrips tenuicornis</i>						
	Phlaeothripidae	<i>Haplothrips rivnayi</i>						
	Thripidae	<i>Anaphothrips sudanensis</i>						
		<i>Chirothrips aculeatus</i>						
		<i>Chirothrips manicatus</i>						
		<i>Eremiothrips manolachei</i>						
		<i>Frankliniella intonsa</i>						
		<i>Frankliniella occidentalis</i>						
		<i>Limothrips angulicornis</i>						
		<i>Odonothrips ignobilis</i>						
		<i>Pseudodendrothrips mori</i>						
		<i>Scolothrips longicornis</i>						
		<i>Tenothrips discolor</i>						
<i>Thrips tabaci</i>								
Neuroptera	Coniopterygidae							
	Myrmeleontidae							





ORDEN	TAXONES	GÉNERO y ESPECIE	RELACIONES TRÓFICAS					
			NC	NF	OM	OP	AC	
Coleoptera	Anthicidae							
	Carabidae							
	Chrysomelidae							
	Clambidae							
	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>						
	Coccinellidae							
	Corylophidae	<i>Sericoderus lateralis</i>						
	Cryptophagidae							
	Curculionidae							
	Dermestidae	<i>Attagenus obtusus</i> <i>Dermestes frischii</i>						
	Elateridae							
	<i>Geotrupidae</i>							
	Histeridae	<i>Carcinops pumilio</i> <i>Saprinus chalcites</i> <i>Saprinus furvus</i> <i>Saprinus maculatus</i> <i>Saprinus niger</i> <i>Saprinus politus</i> <i>Saprinus semistriatus</i> <i>Histerini sp.</i>						
	Nitidulidae							
	Ptinidae							
	Scarabaeidae	<i>Aphodius sp.</i> <i>Scarabaeidae sp.</i>						
	Silphidae							
	Silvanidae							
	Staphylinidae							
	Tenebrionidae	<i>Gonocephalum rusticum</i> <i>Stenopsis sp.</i> <i>Tentyria sp.</i> <i>Tenebrionidae sp.</i>						
	Hymenoptera	Apoidea						
		Bethylidae						
		Braconidae						
		Ceraphronidae						
		Chalcididae						
		Crabronidae						
		Diapriidae						
Encyrtidae								
Eucoilidae								
Eulophidae								
Formicidae		<i>Aphaenogaster iberica</i> <i>Camponotus sp.</i> <i>Cataglyphis iberica</i> <i>Lasius niger</i> <i>Linepithema humile</i> <i>Messor barbarus</i> <i>Pheidole pallidula</i> <i>Plagiolepis sp.</i> <i>Solenopsis sp.</i> <i>Trichoscapa membranifera</i>						





ORDEN	TAXONES	GÉNERO y ESPECIE	RELACIONES TRÓFICAS					
			NC	NF	OM	OP	AC	
Hymenoptera (continuación)	Ichneumonidae							
	Macromeridae							
	Methocidae							
	Mymaridae	<i>Alaptus sp.</i>						
		<i>Alaptus pallidicornis</i>						
		<i>Anagrus atomus</i>						
		<i>Camptoptera sp.</i>						
		<i>Erythmelus panis</i>						
		<i>Gonatocerus litoralis</i>						
		<i>Polynema sp.</i>						
	<i>Stethynium triclavatum</i>							
	Pemphredonidae							
	Philanthidae							
	Proctotrypidae							
	Pompilidae							
	Scelionidae							
	Vespidae	<i>Pollistes sp.</i>						
		<i>Vespula sp.</i>						
		<i>Vespidae sp.</i>						
Lepidoptera								
Diptera	Cecidomyiidae							
	Culicidae							
	Psychodidae							
	Sciaridae							
	Tipulidae							
	Anthomyiidae							
	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>						
		<i>Calliphora vomitoria</i>						
		<i>Chrysomya albiceps</i>						
		<i>Phaenicia sericata</i>						
		<i>Pollenia sp.</i>						
	Dolichopodidae							
	Fannidae	<i>Fannia sp.</i>						
	Lauxaniidae							
	Muscidae	<i>Alloeostylus sp.</i>						
		<i>Musca domestica</i>						
		<i>Muscina assimilis</i>						
		<i>Muscina pabulorum</i>						
		<i>Muscina stabulans</i>						
	Phoridae							
Sarcophagidae								
Scatophagidae								
Sphaeroceridae								
Scutigermorpha	Scutigeraidae	<i>Scutigera coleoptrata</i>						
Isopoda	Porcellionidae	<i>Acaeroplastes sp.</i>						
		<i>Leptotrichus panzeri</i>						
		<i>Porcellio laevis</i>						
		<i>Porcellio scaber</i>						





ORDEN	TAXONES	GÉNERO y ESPECIE	RELACIONES TRÓFICAS				
			NC	NF	OM	OP	AC
Acarida	Acaridida						
	Actinedida						
	Gamasida						
	Oribatida	<i>Galumna tarsipennatum</i>					
		<i>Medioppia pinsapi</i>					
<i>Oribatula tibialis</i>							
<i>Zigoribatula connexa</i>							
Araneida	Agelenidae	<i>Tetrilus arietinus</i>					
		<i>Textrix sp.</i>					
		<i>Textrix variegata</i>					
		<i>Agelenidae sp.</i>					
	Clubionidae						
	Dictynidae	<i>Dyctina sp.</i>					
	Dysderidae	<i>Dysdera sp.</i>					
		<i>Dysdera crocata</i>					
	Erigonidae	<i>Erigone denticheilis</i>					
		<i>Lessertia denticheilis</i>					
		<i>Erigonidae sp.</i>					
	Filistatidae						
	Gnaphosidae	<i>Drassodes sp.</i>					
		<i>Haplodrassus sp.</i>					
		<i>Nomisia exornata</i>					
		<i>Pterotricha sp.</i>					
		<i>Zelotes sp.</i>					
	Lycosidae	<i>Gnaphosidae sp.</i>					
		<i>Pardosa sp.</i>					
	Mimetidae	<i>Lycosidae sp.</i>					
		<i>Ero sp.</i>					
	Oecobidae	<i>Oecobius sp.</i>					
		<i>Oecobius cellariorum</i>					
	Philodromidae						
	Salticidae	<i>Phlegra fasciata</i>					
		<i>Salticidae sp.</i>					
	Theridiidae	<i>Emplognatha sp.</i>					
		<i>Steatoda sp.</i>					
		<i>Theridiidae sp.</i>					
	Thomisidae	<i>Xysticus sp.</i>					
		<i>Xysticus sabulosus</i>					
	Titanoecidae	<i>Titanoeca sp.</i>					
	Uloboridae	<i>Uloborus sp.</i>					
Zodariidae	<i>Zodarion sp.</i>						





Anexo II: Taxones recolectados en las diferentes estaciones anuales y fases de la descomposición.  
 SP: Primavera, SU: Verano, F: Otoño; W: Invierno, E: Esqueletización.

		FRESCO				DESCOMPOSICIÓN				DESCOMPOSICIÓN TARDÍA				E	
		SP	SU	F	W	SP	SU	F	W	SP	SU	F	W	SU	
Diptera	Cecidomyiidae sp.	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	
	Culicidae sp.						X								
	Psychodidae sp.	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	
	Sciaridae sp.	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	
	Tipulidae sp.					X									
	Anthomyiidae sp.				X	X	X	X	X	X		X	X	X	
	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	X	X	X	X	X		X	X			X	X	
		<i>Calliphora vomitoria</i>							X						
		<i>Chrysomya albiceps</i>	X	X	X	X	X	X	X	X					
		<i>Phaenicia sericata</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X
		<i>Pollenia sp.</i>	X				X			X	X	X			
	Dolichopodidae sp.									X					
	Fanniidae	<i>Fannia sp.</i>	X	X	X		X	X	X	X			X	X	
	Lauxaniidae sp.									X					
	Muscidae	<i>cf Alloeostylus sp</i>		X	X				X	X			X		
		<i>Musca domestica</i>	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X
		<i>Muscina assimilis</i>	X						X	X					
		<i>Muscina pabulorum</i>							X	X					
		<i>Muscina stabulans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Phoridae sp.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga (Bercaea) africa</i>	X	X	X		X		X		X	X	X	X	
		<i>Sarcophaga (Liopygia) argyrostoma</i>		X				X							X
		<i>Sarcophaga (Heteronychia) balanina</i>									X				
		<i>Sarcophaga (Liopygia) crassipalpis</i>		X				X	X		X			X	X
		<i>Sarcophaga (Liopygia) culltellata</i>							X						
		<i>Sarcophaga (Heteronychia) filia</i>									X				
		<i>Sarcophaga (Helicophagella) hirticus</i>						X			X				
		<i>Sarcophaga (Liosarcophaga) jacobsoni</i>						X	X					X	
<i>Sarcophaga (Heteronychia) javita</i>										X					
<i>Sarcophaga (Liosarcophaga) marshalli</i>							X				X				
<i>Sarcophaga (Liosarcophaga) tibialis</i>		X	X	X		X	X	X		X	X			X	
<i>Sarcophila sp.</i>			X			X	X	X	X	X	X			X	
<i>Sarcophagini sp.</i>			X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Ravinia pernix</i>							X								
Scatophagidae sp.					X	X	X				X				
Sphaeroceridae sp.	X	X			X	X		X	X			X			
Coleoptera	Anthicidae sp.		X			X	X			X	X	X		X	
	Carabidae sp.					X									
	Chrysomelidae sp.					X				X					
	Clambidae sp.							X							
	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>		X				X	X	X		X	X	X	
	Coccinellidae sp.					X		X	X						
	Corylophidae	<i>Sericoderus lateralis</i>				X		X	X			X	X		
	Cryptophagidae sp.			X				X	X				X		
	Curculionidae sp.				X			X						X	
	Dermestidae	<i>Attagenus obtusus</i>		X											
		<i>Dermestes frischii</i>		X			X	X	X	X	X	X		X	X
	Elateridae sp.					X							X	X	
	Geotrupidae sp.									X					
	Histeridae	<i>Carcinops pumilio</i>										X			
		<i>Histerini sp</i>					X								
		<i>Saprinus chalcites</i>						X						X	X
		<i>Saprinus furvus</i>					X	X			X	X			X
		<i>Saprinus maculatus</i>						X							X
		<i>Saprinus niger</i>							X		X				
		<i>Saprinus politus</i>							X	X					
		<i>Saprinus semistriatus</i>					X	X	X		X		X	X	X
	Nitidulidae sp.					X		X	X	X		X	X	X	
Ptinidae sp.					X										
Scarabaeidae	<i>Aphodius sp</i>								X						
	<i>Scarabaeidae sp</i>					X	X								
Silphidae sp.											X				
Silvanidae sp.											X				
Staphylinidae sp.		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Tenebrionidae	<i>Gonocephalum sp</i>										X				
	<i>Stenopsis sp</i>			X						X				X	
	<i>Tentyria sp</i>						X			X				X	
	<i>Tenebrionidae sp</i>	X				X		X		X		X	X	X	
Hymenoptera	Apoidea sp.													X	
	Bethylidae sp.		X				X			X				X	
	Braconidae sp.	X				X	X	X	X	X	X	X		X	
	Ceraphronidae sp.									X					
	Chalcididae sp.						X	X						X	







Crabronidae sp														
Diapriidae sp														
Formicidae														
<i>Aphaenogaster iberica</i>														
<i>Camponotus sylvaticus</i>														
<i>Cataglyphis ibericus</i>														
<i>Lasius niger</i>														
<i>Linepithema humile</i>														
<i>Messor barbarus</i>														
<i>Pheidole pallidula</i>														
<i>Plagiolepis pygmaea</i>														
<i>Plagiolepis schmitzii</i>														
<i>Plagiolepis xene</i>														
<i>Pyramica membranifera</i>														
<i>Solenopsis sp</i>														
Encyrtidae sp														
Eucollidae sp														
Eulophidae sp														
Ichneumonidae sp														
Macromeridae sp														
Methocidae sp														
Mymaridae														
<i>Alaptus sp.</i>														
<i>Alaptus pallidicornis</i>														
<i>Anagrus atomus</i>														
<i>Campoptera sp</i>														
<i>Erythmelus panis</i>														
<i>Gonatocerus litoralis</i>														
<i>Polynema sp</i>														
<i>Stethynium triclavatum</i>														
Pempredonidae sp														
Philantidae sp														
Pompilidae sp														
Proctotrypidae sp														
Scellionidae sp														
Vespidae														
<i>Pollistes sp</i>														
<i>Vespa sp</i>														
<i>Vespidae sp</i>														
<i>Caecilius flavidus</i>														
Psocoptera														
Caeciliusidae														
Ectopsocidae														
<i>Ectopsocus sp</i>														
<i>Ectopsocus briggsi</i>														
Lachesillidae														
<i>Lachesilla pedicularia</i>														
<i>Lachesilla quercus</i>														
Liposcellidae														
<i>Liposcellis sp</i>														
Psyllipsocidae														
<i>Dorypteryx sp</i>														
Trichopsocidae														
<i>Trichopsocus dalli</i>														
Thysanoptera														
Aeolothripidae														
<i>Aeolothrips teunicornis</i>														
Phlaeothripidae														
<i>Haplothrips rivnayi</i>														
Thripidae														
<i>Anaphothrips sudanensis</i>														
<i>Chirothrips aculeatus</i>														
<i>Chirothrips manicatus</i>														
<i>Eremiothrips manolachei</i>														
<i>Frankliniella intonsa</i>														
<i>Frankliniella occidentalis</i>														
<i>Limothrips angulicornis</i>														
<i>Odothrips ignobilis</i>														
<i>Pseudodendrothrips mori</i>														
<i>Scolothrips longicornis</i>														
<i>Tenothrips discolor</i>														
<i>Thrips tabaci</i>														
Collembola														
Zygentoma														
<i>Lepismatidae sp</i>														
<i>Zygentoma sp</i>														
Lepidoptera														
Embioptera														
Embiidae														
<i>Embia sp</i>														
Oligotomidae														
<i>Haploembia sp</i>														
Homoptera														
Aphidoidea sp														
Aleyrodidae sp														
Cixiidae sp														
Coccidae sp														
Jassidae sp														
Psyllidae sp														
Heteroptera														
Anthocoridae sp														
Cydnidae sp														
Lygaeidae														
<i>Lygaeidae sp</i>														
<i>Geocoris sp</i>														
Microphysidae sp														
Miridae sp														
Pyrrhocoridae														
<i>Pyrrhocoris apterus</i>														
Reduviidae														
<i>Empicoris sp</i>														
Tingidae sp														
Ninfas														
Dermaptera														
Forficulidae														
<i>Forficula auricularia</i>														
Forficulidae sp														





Neuroptera	Coniopterigydae sp							X										X
	Myrmeleontidae sp								X						X			
Orthoptera	Acrididae	<i>Truxalis nasuta</i>														X		
	Acrididae sp														X		X	
	Gryllidae sp								X					X	X			X

			FRESCO				DESCOMPOSICIÓN				DESCOMPOSICIÓN TARDÍA				E					
			SP	SU	F	W	SP	SU	F	W	SP	SU	F	W	SU					
Araneida	Agelenidae	<i>Tetrilus arietinus</i>																	X	
		<i>Textrix sp.</i>						X												
		<i>Textrix variegata</i>							X											
		Agelenidae sp											X							
	Clubionidae sp										X	X								
	Dictynidae	<i>Dictyna sp.</i>											X							
	Dysderidae	<i>Dysdera sp.</i>	X					X		X	X	X							X	
		<i>Dysdera crocata</i>									X							X		
	Erigonidae	<i>Erigone denticells</i>	X					X								X				
		<i>Lessertia denticells</i>						X												
		Erigonidae sp.	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Fillistatidae	Gnaphosidae	<i>Drassodes sp.</i>																	X
			<i>Haplodrassus sp.</i>																	X
			<i>Pterotricha sp.</i>						X											
			<i>Zelotes sp.</i>				X		X			X	X						X	X
			<i>Gnaphosidae sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lycosidae	<i>Pardosa sp.</i>				X	X													
		Lycosidae sp.				X										X				
	Mimetidae	<i>Ero sp.</i>			X				X										X	
	Oecobiidae	<i>Oecobius cellariorum</i>				X			X	X	X	X				X			X	
		<i>Oecobius sp.</i>																	X	
	Philodromidae sp				X		X												X	
	Salticidae	<i>Phlegra fasciata</i>				X													X	
		Salticidae sp.					X			X	X			X	X	X			X	
	Theridiidae	<i>Enoplognatha sp.</i>																	X	
		<i>Steatoda sp.</i>					X													
		<i>Therididae sp.</i>				X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	
Thomisidae	<i>Xysticus sp.</i>							X										X		
Titanoecidae	<i>Titanoeca sp.</i>							X										X		
Uloboridae	<i>Uloborus sp.</i>									X										
Zodariidae	<i>Zodarion sp.</i>			X					X	X	X	X	X				X	X		
Acarida	Acaridida sp				X	X				X	X							X		
	Actinedida sp		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Gamasida sp		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Ixodida sp																			
	Oribatida	<i>Gallumna tarsipennatum</i>																	X	
<i>Medioplia pinsapi</i>																				
<i>Oribatula tibialis</i>																		X		
<i>Zigoribatula connexa</i>																				
Isopoda	Porcellionidae	<i>Acaeroplastes sp.</i>							X									X		
		<i>Leptotrichus panzeri</i>																X		
		<i>Porcellio laevis</i>	X							X						X			X	
		<i>Porcellio scaber</i>			X						X				X	X	X		X	
Scutigera	Scutigera	<i>Scutigera coleoptrata</i>								X							X			

