



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

Estudio de los efectos tafonómicos observados en los restos cadavéricos de *Sus scrofa domestica*

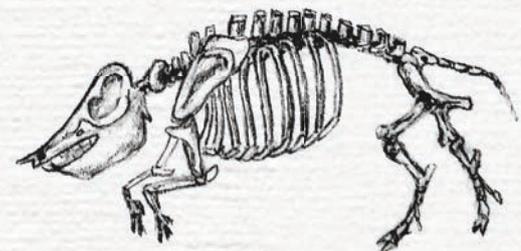
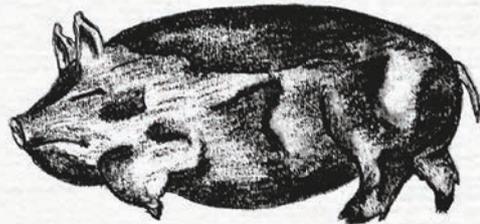
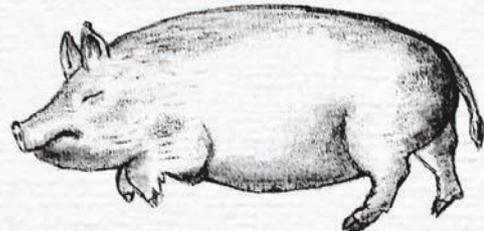
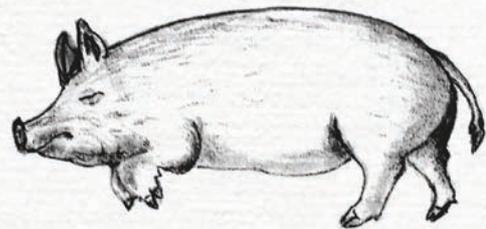
TESIS DOCTORAL

Doctorado en Biodiversidad

Aida Gutiérrez Galiacho

DIRECCIÓN

Dra. Núria Armentano i Oller
Dra. Assumpció Malgosa Morera
Dra. Dominika Nociarová



4.3.4. Fragmentación ósea

Las evidencias de fragmentación ósea que se observaron en las carcasas de Taphos-m se relacionaron con el **proceso de excavación y exhumación** de los restos cadavéricos: el peroné derecho del cerdo 13-19 se fragmentó durante la excavación y las tuberosidades de las espinas de 8 escápulas (derecha 16-23 e izquierdas 01-01, 02-03, 07-05, 11-07, 13-19, 16-23, 18-02 y 22-18) se fragmentaron al extraerlas del sedimento (Figuras 23b y 27c).

En resumen, en la Tabla 19 aparecen todas las modificaciones tafonómicas macroscópicas observadas en este estudio relacionadas con la distribución espacial ósea, los efectos tafonómicos sobre la superficie cortical de los huesos y la fragmentación ósea. Estas modificaciones corresponden a una **secuencia de sucesos ocurridos desde el momento del enterramiento de cada animal y durante un periodo de enterramiento de entre 3 y 6 años**. Entre ellas, las más evidentes fueron las diferencias en la distribución espacial ósea de las carcasas enterradas en las distintas estructuras funerarias (espacio vacío *vs.* espacio colmatado) confirmando lo descrito por otros autores (Duday, 1990; Duday et al., 1990). Las diferencias en la coloración de los huesos fue el efecto tafonómico más destacado y relevante del estudio de los efectos tafonómicos macroscópicos de las escápulas, confirmando que el color también permite atribuir la tipología del enterramiento: los huesos más oscuros fueron los enterrados en espacios vacíos y su coloración era similar a la de los restos cadavéricos del contexto cementerial (Nociarová, 2016). Los otros efectos tafonómicos macroscópicos observados en la superficie cortical de las escápulas fueron provocados por distintos agentes y procesos vinculados a los propios enterramientos (p. ej., cal, puparios, hongos, etc.). Por último, la fragmentación ósea observada fue mínima y se relacionó con el proceso de la excavación.

4.4. Estudio de los enterramientos con cal

El estado de las 6 carcasas enterradas con cal se valoró teniendo en cuenta clasificaciones cualitativas y cuantitativas (Tabla 20). Siguiendo las descripciones de Nociarová (2016) 4 carcasas (12-20, 13-19, 15-25 y 16-23) estaban totalmente esqueletizadas, mientras que las otras 2 (10-21 y 14-24) aún conservaban parte de tejido desecado (Figura 17.2). De modo que las 3 carcasas enterradas en las fosas simples (10-21, 15-25 y 16-23) no presentaban partes blandas, ni ligamentos ni cartílagos, igual que los cuerpos enterrados durante 4-6 años (Ley de Mueller, Gisbert-Calabuig, 2004). Los valores del Bradford score, superiores al 90%, indicaron que todas las carcasas sufrieron grandes cambios correspondientes a la

Resultados y Discusión

Tabla 19 • Relación entre los efectos tafonómicos observados en las carcasas de Taphos-m y los agentes y procesos que los causaron.

EFECTOS TAFONÓMICOS	PROCESOS TAFONÓMICOS	AGENTES TAFONÓMICOS	
Mantenimiento de la distribución espacial ósea (esqueleto articulado)	Descomposición en contacto con una base firme	Material de la base de las estructuras funerarias: tejas o sedimento	
	Descomposición en espacio colmatado	Sedimento	
	Descomposición en espacio limitado		Costra de cal
			Tejido desecado
Desarticulación o desplazamiento óseo	Descomposición en espacio vacío	Estructura de tejas, piedras o tipo <i>tegulae</i>	
		Bolsas de aire en el sedimento (fosas simples)	
	Descomposición con peso sobre las carcasas	Placas de cal	
	Excavación	Humano	
	Transporte	Animales (pequeños y fauna cadavérica)	
		Agua	
Acción animal en regiones anatómicas con lesiones	Animales (fauna cadavérica)		
Coloración ósea clara	Pigmentación	Sedimento	
Coloración ósea oscura	Pigmentación	Líquidos de la descomposición	
	Pigmentación	Líquidos de la descomposición	
Manchas	Pigmentación	Material metálico (crotales)	
	Deposición de materiales	Sedimento o cal	
	Impresiones por contacto	Animales (puparios o huevos de mosca)	
	Crecimiento del organismo		Hongos
			Plantas (raíces)
	Marcas lineales en forma de garabato	Acción indeterminada	Animales
Perforaciones	Excavación	Humano	
Descamación	Contacto	Sedimento	
Agrietamiento	Presión	Sedimento	
Exfoliación	Contacto	Sedimento, tejas o piedras	
Fragmentación ósea	Excavación	Humano	

descomposición avanzada, como la pérdida parcial o completa del tejido blando. Estudios similares concluyeron que la utilización de cal en los enterramientos retrasa la descomposición de los cuerpos, pero no la frena aunque deseque algunas regiones anatómicas (Thew, 2000; Schotsmans et al., 2012; Schotsmans 2013; Etxeberria et al., 2014; Schotsmans et al., 2014a). De hecho, en uno de los experimentos publicados, las carcasas enterradas con cal durante 42 meses aparecieron completamente esqueletizadas (Schotsmans et al., 2014b), como en Taphos-m a los 4 años (Tabla 20). Teniendo en cuenta estos resultados, se puede confirmar que **en los enterramientos de Taphos-m la presencia de cal no impidió la descomposición de las carcasas**. Además, dado que la mayoría de carcasas enterradas sin cal presentaron estos mismos estados cadavéricos en intervalos post-enterramiento similares (Tabla 14), parece que la presencia de cal en los enterramientos de Taphos-m ni siquiera retrasó la descomposición de las carcasas. Un estudio experimental con un tamaño muestral mayor podría confirmar estadísticamente estos resultados.

Tabla 20 • Valoraciones cualitativas y cuantitativa del estado de las carcasas enterradas con cal en Taphos-m.

CÓDIGO	ESTADO CADAVÉRICO (NOCIAROVÁ, 2016)	ESTADO DE CONSERVACIÓN (LEY MUELLER)	BRADFORD SCORE (SCHOTSMANS ET AL., 2012)
10-21	Esqueletización con putrúlagos seco y desecación parcial	-	91,6%
12-20	Esqueletización	-	100%
13-19	Esqueletización	Compatible con 4-6 años enterrado	100%
14-24	Esqueletización con putrúlagos seco y desecación parcial	-	94,44%
15-25	Esqueletización	Compatible con 4-6 años enterrado	100%
16-23	Esqueletización	Compatible con 4-6 años enterrado	100%

Es posible pensar que en estos enterramientos la cal utilizada no era la adecuada y que por eso las carcasas no se encontraron desecadas por completo. Habitualmente en los enterramientos se utilizaba cal viva (CaO), la cual se convierte en cal hidratada en presencia de humedad o agua (Schotsmans et al., 2012). El ambiente que se crea en un enterramiento durante la descomposición es húmedo, más aún si se realiza en invierno como estos 6 casos (Tabla 8). Por lo tanto, se podría decir que los resultados obtenidos en este estudio utilizando cal hidratada son similares a los que se hubieran observado si se hubiera utilizado cal viva.

La cal permaneció en las estructuras funerarias 4-5 años después de los enterramientos, en el momento de la apertura y excavación. De hecho, en los enterramientos 10-21, 12-20 y 13-19 se observó una **costra de cal** (*lime cast*) rodeando y/o cubriendo los restos cadavéricos, mientras que en los enterramientos 14-24 y 15-25, solo se observaron **residuos blancos** compatibles con cal (Figura 28). Estas diferencias se debieron a la cantidad de cal empleada en cada enterramiento: las costras de cal se crearon en los enterramientos en los cuales las carcacas se cubrieron por completo con cal, y los residuos de cal aparecieron en 2 de los 3 enterramientos en los que los animales se cubrieron parcialmente con cal. Los estudios experimentales de Schotsmans y colaboradores (2012; 2014b) demostraron que cuando un cuerpo se cubre por completo con cal, se crea una costra sobre el mismo: primero, la cal se adhiere al tejido blando del cuerpo, después, durante la fase enfisematosa de la descomposición el cuerpo se hincha aumentando su volumen y el de la capa de cal adherida y, por último, al deshincharse se crea un espacio de aire entre la capa de cal y el cuerpo. Las formaciones de cal en los enterramientos de Taphos-m eran de distintas dimensiones, entre 5 y 20 cm aproximadamente, blancas por la parte externa y amarillentas (o de un color más oscuro) por la parte interna (en contacto con el tejido blando y los restos cadavéricos); similares a las observadas en otros experimentos (Schotsmans et al., 2012; Schotsmans et al., 2014b). La costra de cal más llamativa se observó en el enterramiento 12-20, ya que cubría parte del esqueleto, rodeaba por completo la figura del animal (Figura 28) y se mantuvo intacta post-exhumación de los restos cadavéricos (Figura 29a). Además, algunas placas conservaron pelos de los cerdos adheridos (Figura 29b). La formación de estas costras de cal implicó diferentes modificaciones tafonómicas ya comentadas (*capítulo 4.3.*) y en el enterramiento 14-24 aún se apreciaba el olor a la descomposición, tal y como describieron Schotsmans y colaboradores (2014b). En algunas fosas de la Guerra Civil española y en enterramientos del contexto arqueológico también se observan residuos y costras de cal junto a los restos cadavéricos completamente esqueletizados (Etxeberria et al., 2014; Schotsmans et al., 2016; Schotsmans et al., 2019). Pero no siempre los residuos blancos que aparecen en los enterramientos corresponden a cal o a sus derivados; pueden ser restos de yeso, tiza, metales degradados, resinas naturales, polímeros sintéticos, etc. Por ello, es importante identificar físico-químicamente estas sustancias cuando son desconocidas (Schotsmans et al., 2019). A pesar de que la cal se conservó en los enterramientos hasta el momento de la apertura y excavación de las estructuras funerarias, el pH del sedimento de las 3 fosas simples en las que se utilizó cal fue de 7-8, muy similar al pH del sedimento de las instalaciones Taphos-m (pH = 7) y al de otros enterramientos con cal estudiados (Schotsmans et al., 2014b).

CAPÍTULO IV

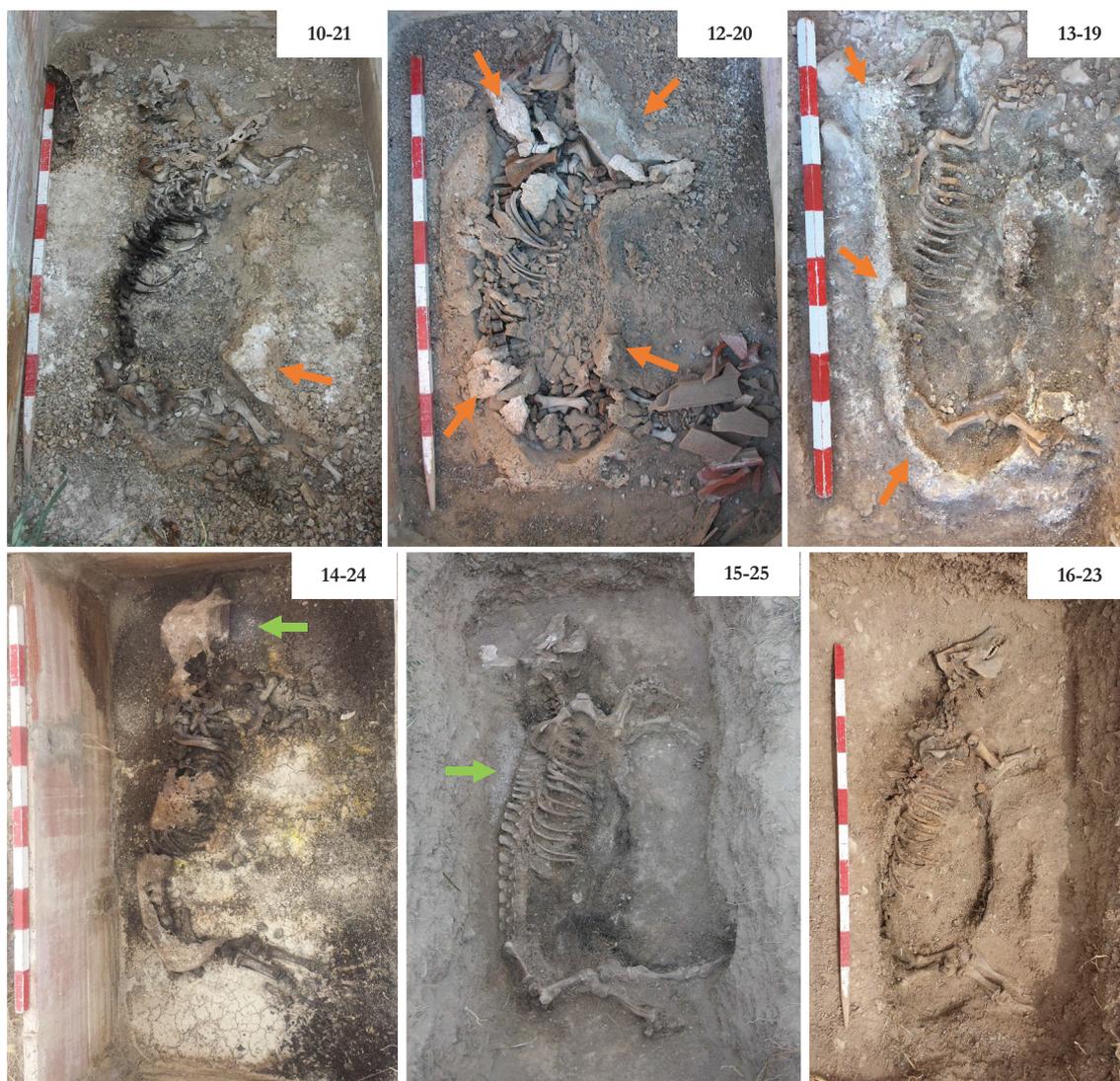


Figura 28 • Exposición de las carcasas enterradas con cal hidratada: costra de cal rodeando las carcasas y placas de cal en 10-21, 12-20 y 13-19 (flechas naranjas) y residuos blancos de cal en 14-24 y 15-25 (flechas verdes).

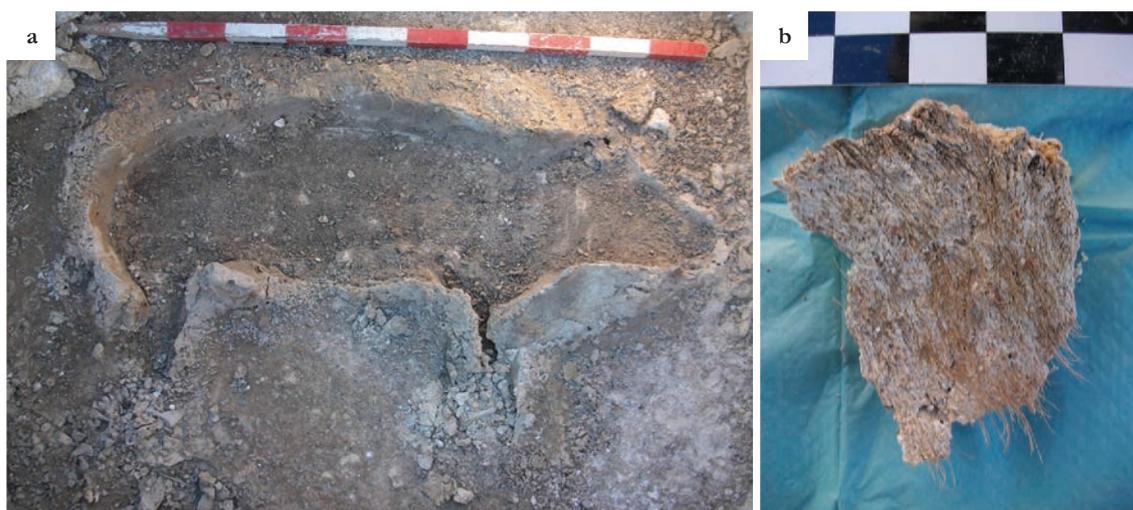


Figura 29 • Enterramiento con cal 12-20: (a) costra de cal conservada tras la exhumación de los restos cadavéricos y (b) placa de cal con pelos del cerdo adheridos.

4.5. Estudio de los enterramientos con envoltura de algodón

Las 2 carcadas enterradas envueltas en tela de algodón y atadas con cuerdas de plástico estaban esqueletizadas, pero conservaban parte de tejido desecado (19-10) o húmedo (21-16) en el cráneo, cintura escapular y columna (Figura 17.3). La Figura 30 muestra cómo 4-5 años después de los enterramientos aún se conservaron las cuerdas y varios fragmentos de las telas de algodón en esas mismas zonas. La ropa o los tejidos con los que se envuelven los cuerpos ejercen de barrera entre el cuerpo y el ambiente externo, influyendo en la velocidad de descomposición (Mann et al., 1990; Janaway, 2008; Bouquin et al., 2012; Ferreira y Cunha, 2013; Spies et al., 2020) y protegiendo las articulaciones (*capítulo 4.3.2.*) en contra de los factores externos (Nociarová, 2016). Se han llevado a cabo diferentes estudios experimentales con el objetivo de entender cuál es el efecto de la ropa en la descomposición de los cuerpos (humanos o animales) expuestos en la superficie (Cahoon, 1992; Ueland et al., 2015; Spies et al., 2020) o enterrados en contacto directo con el sedimento (Lowe et al., 2013; Stuart y Ueland, 2017; Ueland et al., 2018). A los 6 meses de enterramiento la ropa de algodón favorece la formación de adipocera y, a los 24 meses, los cuerpos se esqueletizan por completo (Ueland et al., 2018) o aparecen momificados (Janaway, 2008; Dautartas, 2009). Por otro lado, los tejidos sintéticos, como el poliéster o el plástico, favorecen la saponificación de los cuerpos (Dautartas, 2009; Ferreira y Cunha, 2013). El estado cadavérico de las 2 carcadas de Taphos-m fue muy diferente a los descritos por otros autores, pero teniendo en cuenta el tiempo prolongado de los enterramientos (4-5 años), se desconoce si las carcadas pasaron por una etapa de formación de adipocera que en el momento de las intervenciones se habría descompuesto. Estas diferencias del estado cadavérico respecto a los otros trabajos mencionados podrían deberse a que las carcadas de Taphos-m estaban enterradas en estructuras de espacio vacío. Los pocos trabajos publicados sobre la descomposición de los cuerpos vestidos en espacios vacíos se limitan a los enterramientos en nichos con ataúdes. En el contexto cementerial, se ha observado que la ropa favorece la conservación húmeda de los tejidos blandos (Nociarová, 2016), aunque otros autores afirman que la ropa absorbe los fluidos corporales, facilitando la momificación de los cuerpos (Cahoon, 1992; Dautartas, 2009). En este estudio, solo la carcada 21-16 conservó tejidos blandos húmedos. Sin embargo, también se conservaron tejidos húmedos en la carcada 26-11 enterrada en espacio vacío sin envoltorio de tela. Por lo tanto, **parece que la presencia de la tela no fue un factor determinante en el estado cadavérico de las carcadas de Taphos-m.** Aunque Card y colaboradores (2015) también confirmaron que la presencia de la ropa apenas impactaba en la descomposición de los cuerpos, sería necesario realizar un estudio experimental con un tamaño muestral más amplio para determinar estadísticamente el efecto real del envoltorio de tela en la descomposición de las carcadas.

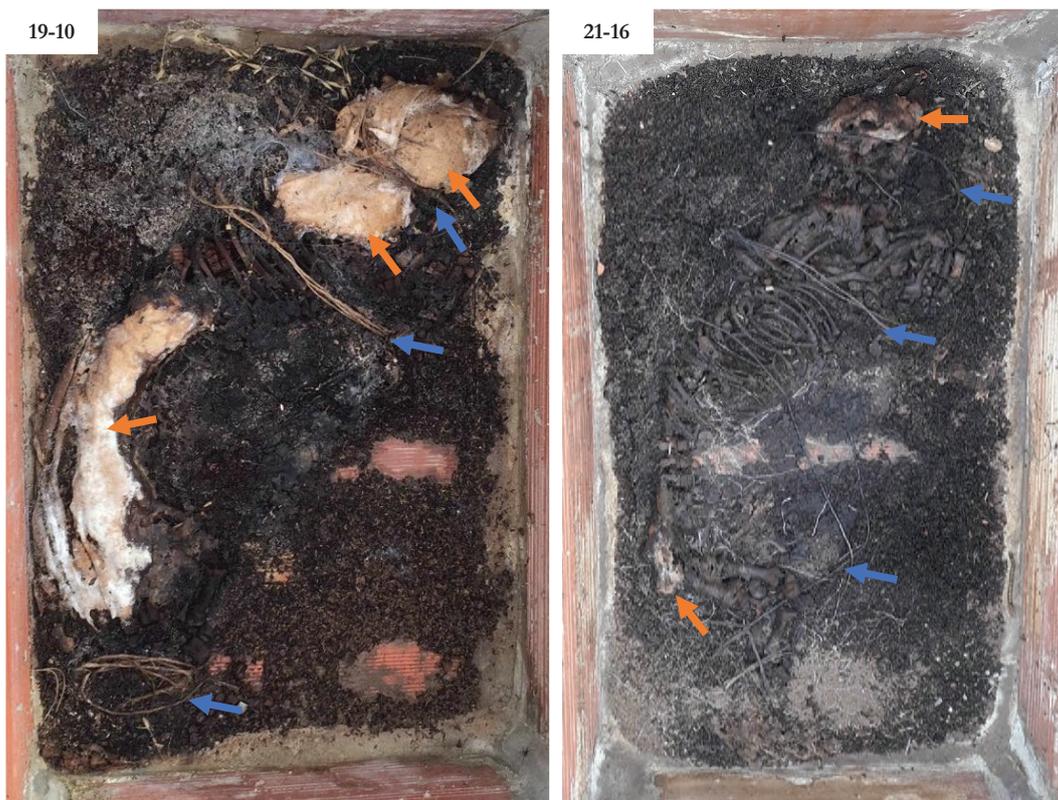


Figura 30 • Exposición de las carcasas envueltas en tela de algodón: conservación de la tela de algodón (flechas naranjas) y cuerdas (flechas azules) en los enterramientos 19-10 y 21-16.

En ambos casos las telas de algodón estaban húmedas y su coloración había cambiado, pasando de ser blancas en el momento del enterramiento, a beige-amarronadas tras la apertura de las estructuras funerarias, 4-5 años después. El algodón es un material muy absorbente y vulnerable a ambientes ácidos (como el que se crea durante la descomposición) y se descompone en 12 meses aproximadamente (Forbes et al., 2005; Stuart y Ueland, 2017; Ueland et al., 2018), aunque en Taphos-m esto no ocurrió. Los cambios de coloración de la tela son visibles desde el primer mes después del enterramiento (Ueland et al., 2015) y es posible que la ropa desprenda olor incluso meses después de los enterramientos (Ueland et al., 2018) como ocurrió en el enterramiento 21-16 de Taphos-m. También se observaron insectos y colonias de hongos asociados a estos 2 enterramientos (*capítulos 4.7. y 4.8.*), siendo los principales descomponedores de la ropa (Stuart y Ueland, 2017). Sin embargo, las cuerdas utilizadas eran de plástico, material sintético y más resistente, por lo que se conservó en buen estado en ambos casos.

4.6. Patologías y traumatismos óseos

Algunos animales presentaban múltiples lesiones superficiales en el cuerpo, habían perdido la cola (previo enterramiento) como consecuencia de las peleas entre ellos en las granjas, tenían heridas en la cabeza y/o lesiones de grandes dimensiones en las extremidades posteriores izquierdas

(Tabla 8). Estas lesiones del tejido blando fueron registradas en las fichas *ante mortem*, pero, durante las intervenciones, se observaron una serie de patologías y traumatismos óseos que no fueron registrados con anterioridad: la extremidad posterior izquierda de la carcasa 04-17 presentaba una fractura oblicua con periostitis e involucro en los metatarsos III y IV (Figura 31a); la tibia y el peroné izquierdos de la carcasa 17-09 presentaban fracturas conminutas en los tercios distales de las diáfisis con bisel y pérdida de fragmentos (Figura 31b); el cráneo de la carcasa 24-14 presentaba signos de reabsorción ósea en el hueso frontal (Figura 31c); las primeras vértebras lumbares de la carcasa 03-06 presentaron signos compatibles con artrosis (Figura 32); y los calcáneos izquierdos de las carcasa 06-08 y 26-11 presentaron una osificación en forma de coral (Figura 33). Tras la exhumación de los restos cadavéricos, se analizó el calcáneo izquierdo de la carcasa 06-08 en detalle (circunferencia = 26 cm; diámetros = 6 y 8 cm) y el diagnóstico diferencial, llevado a cabo por un experto ajeno al equipo Taphos-m, indicó que podría tratarse de un sarcoma o de una infección debida probablemente a hongos (Gutiérrez et al., 2016 - *Anexo III*). **La presencia de estas lesiones pudo afectar al estado cadavérico de las carcasas y provocó modificaciones en la distribución espacial ósea de las regiones anatómicas afectadas** por ser una vía de acceso extra al cuerpo para la fauna cadavérica (Prieto et al., 2004; Flores Pérez et al., 2017).

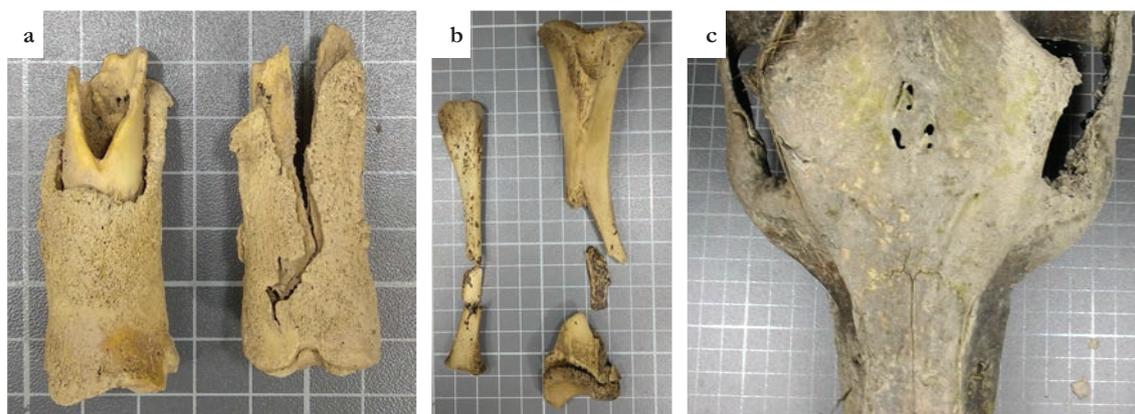


Figura 31 • Traumatismos óseos: (a) periostitis e involucro en los metatarsos III y IV de 04-17, (b) fracturas en la tibia y peroné izquierdos de 17-09 y (c) fractura reabsorbida en el frontal de 24-14.



Figura 32 • Vértebras lumbares de 03-06 con signos de artrosis.



Figura 33 • Patología del calcáneo izquierdo del cerdo 06-08.

4.7. Fauna cadavérica asociada a los enterramientos

Los 36 ejemplares recolectados se identificaron como puparios e insectos adultos correspondientes a 11 órdenes y 25 familias distintas (Tabla 21; Figura 34). Los resultados que se presentan a continuación incluyen las aportaciones del estudio de la fauna cadavérica en las estructuras funerarias 05-26, 06-08, 18-02 y 19-10, y las observaciones realizadas en todas las intervenciones llevadas a cabo en Taphos-m. Parte de estos resultados están incluidos en trabajos de máster realizados y codirigidos por la doctoranda (Gutiérrez, 2015; Rabionet, 2016).

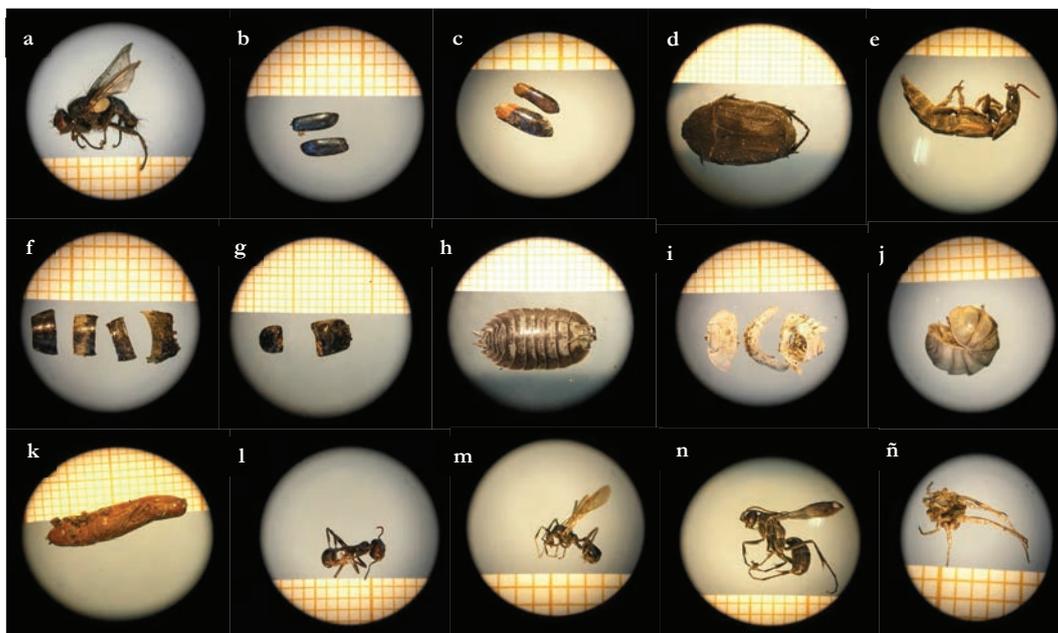


Figura 34 • Varios ejemplares de la fauna cadavérica asociada a los enterramientos de Taphos-m: (a) mosca Sarcophagidae, (b) exoesqueleto de escarabajo Cleridae, (c) exoesqueleto de *Necrobia ruficollis*, (d) escarabajo Scarabaeidae, (e) escarabajo Staphylinidae, (f-g) exoesqueletos de escarabajos Dermestidae, (h) cochinilla Porcellionidae, (i) muda de cochinilla Porcellionidae, (j) cochinilla Armadillidae, (k) funda de polilla, (l) hormiga, (m) hormiga alada, (n) avispa y (ñ) araña.

Resultados y Discusión

Tabla 21 • Fauna cadavérica identificada en la instalaciones Taphos-m. Abreviaturas: TE = tipo de estructura; EC = estado cadavérico; EP = estructura de piedras; ET = estructura de tejas; FS = fosa simple; M = momificado; EPSDP = esqueletizado con putrúlagos secos y desecación parcial; E = esqueletizado; NG = necrófago; NL = necrófilo; OM = omnívoro; OP = oportunista.

CÓDIGO (TE; EC)	TIPO DE EJEMPLAR	ORDEN	FAMILIA	CLASIFICACIÓN	UBICACIÓN	
05-26 (EP; M)	Mosca	Diptera	Sarcophagidae	NG	Aérea	
	Funda polilla	Lepidoptera	Tineidae	OP	Base de la estructura	
	Élitros escarabajo	Coleoptera	Cleridae: <i>Necrobia ruficollis</i>	NG	Carcasa	
	Exoesqueleto escarabajo		Dermeestidae	NG		
	Cigarra	Hemiptera	Cicadidae	OP		
	Hormiga	Hymenoptera	Formicidae	OM		
	Funda polilla	Lepidoptera	Tineidae	OP		
	Araña	Opiniones	-	OP		
06-08 (ET; EPSDP)	Escarabajo	Coleoptera	Dermeestidae	NG		Aérea
	Moscas	Diptera	Calliphoridae	NG		
			Sarcophagidae	NG		
	Hormiga alada	Hymenoptera	Formicidae	OM		
	Avispa		Vespidae	NL		
	Polilla	Lepidoptera	Tineidae	OP		
	Moscas y puparios	Diptera	Muscidae	NG		
			Piophilidae	NG		
	Exoesqueletos cochinillas	Isopoda	Armadillidae	OP		
			Porcellionidae	OP		
	Élitros escarabajo	Coleoptera	Cleridae: <i>Necrobia ruficollis</i>	NG		
Escarabajos	Scarabaeidae		NL			
	Staphylinidae		NL			
Mudas de cochinillas	Isopoda	Porcellionidae	OP			
18-02 (FS; E)	Arañas	Araneae	Agelenidae	OP	Carcasa	
			Theridiidae	OP		
	Cochinillas	Isopoda	Armadillidae	OP		
	Miriápodo	Polyxenida	Lophoproctidae	OP		
19-10 (ET; EPSDP)	Arañas	Araneae	Dysderidae	OP	Base de la estructura	
			Sicariidae	OP		
	Cucarachas	Blattodea	Blattidae	OP		
	Escarabajos	Coleoptera	Carabidae	NL		
			Cleridae	NG		
	“tijeretas”	Dermaptera	Forficulidae	OP		
	Puparios	Diptera	Fanniidae	NG		
			Muscidae	NG		
	Cochinillas	Isopoda	Armadillidae	OP		
Miriápodo	Polyxenida	Lophoproctidae	OP			

Los puparios de **dípteros** recolectados pertenecieron a las familias Muscidae, Piophilidae y Fanniidae, y los ejemplares de moscas adultas a las familias Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae (Tabla 21). En general, las moscas Calliphoridae son las primeras en colonizar los cadáveres (Couri et al., 2008; Huchet, 2010; Altarriba y Saloña, 2019), seguidas de Sarcophagidae (Gennard, 2007; Dadour y Harvey, 2008). Sin embargo, en Taphos-m solo se encontraron ejemplares adultos de estas familias, lo que indicó que estas moscas no completaron su ciclo de vida en estos enterramientos y que colonizaron las carcasas posteriormente. Probablemente las condiciones climáticas de los días de estos 4 enterramientos no fueron las óptimas para la colonización de estas moscas (días no lluviosos y con temperaturas entre 12-30°C). Cuando las moscas Calliphoridae no colonizan los cadáveres, las primeras en colonizarlos son las moscas de la familia Muscidae (Gennard, 2007; Couri et al., 2008; Dadour y Harvey, 2008). La mayoría de puparios recolectados en las estructuras de espacio vacío correspondieron a esta familia. Por lo tanto, las moscas Muscidae sí completaron su ciclo de vida en estos enterramientos. Además, la presencia de puparios de las familias Piophilidae y Fanniidae en los enterramientos 06-08 y 19-10, reforzó la idea de que las moscas Calliphoridae y Sarcophagidae no accedieron a las carcasas pre-deposición, porque Piophilidae y Fanniidae acceden a los cuerpos expuestos en interiores o exteriores y enterrados (Baumjohanny y Benecke, 2019) cuando Calliphoridae y Sarcophagidae no pueden acceder (Gennard, 2007). Todas estas familias de dípteros identificadas en los enterramientos de Taphos-m también fueron identificadas en restos humanos momificados (Couri et al., 2008; Huchet, 2010; Baumjohanny y Benecke, 2019) y en otros estudios experimentales realizados en la Península Ibérica (Arnaldos et al., 2001a; Carles-Tolrá et al., 2012).

En las estructuras funerarias de espacio vacío 05-26, 06-08 y 19-10 los puparios de dípteros se encontraron en las bases y márgenes de las estructuras funerarias, y sobre las carcasas (Figura 35). Lo cual indicó que la **colonización de los dípteros en los enterramientos de espacio vacío ocurrió pre- y post-deposición**. Por un lado, los puparios que cubrieron las bases y estaban en los márgenes de las estructuras funerarias correspondieron a las moscas colonizadoras pre-deposición. El periodo entre la muerte de los cerdos y los enterramientos fue de máximo 48 horas, en las cuales los dípteros tuvieron tiempo y acceso para colonizar las carcasas antes de ser enterradas. De hecho, durante algunos de los enterramientos (p. ej. 05-26), se observaron moscas sobre los cerdos. Por otro lado, los periodos de enterramiento duraron entre 3 y 6 años (Tabla 13), durante los cuales las moscas pudieron colonizar los restos cadavéricos en distintos momentos (colonizaciones post-deposición) aprovechando la separación de los materiales de las cubiertas. A medida que las larvas migraban lejos de las carcasas para pupar, ocupaban las bases de las estructuras funerarias hasta cubrirlas casi por completo. En general, las bases de las estructuras

de tejas estaban cubiertas por una gran masa puparia, mientras que la cantidad de puparios en las bases con sedimento fue menor. Los puparios observados entre los restos cadavéricos de las carcasas también correspondieron a las moscas colonizadoras post-deposición, pero más recientes (Vanin y Huchet, 2017). En cambio, no aparecieron puparios entre el sedimento de la fosa simple 18-02 a medida que se iba excavando, pero sí durante las excavaciones de las fosas simples 02-03, 07-05, 11-07, 13-19, 15-25, 16-23 y 20-04, aproximadamente a 30 cm de la superficie. Teniendo en cuenta la ubicación de los puparios en estos enterramientos (lejos de las carcasas), se considera que estos pertenecieron a las moscas colonizadoras pre-deposición. Aunque parezca imposible que las moscas puedan acceder a los cuerpos enterrados en fosas simples profundas (50-70 cm), varios estudios experimentales demostraron que las primeras moscas en acceder a los cuerpos tras la muerte (familias Calliphoridae y Muscidae) son capaces de colonizar los cuerpos enterrados hasta varios metros bajo tierra aprovechando los canales del sedimento (Bourel et al., 2004; Dadour y Harvey, 2008; Gunn y Bird, 2011). Las depresiones del sedimento de las fosas simples fueron visibles durante muchos años y provocaron hundimientos importantes en el sedimento, por los cuales las moscas pudieron salir, pero también entrar (colonización post-deposición). De modo que las evidencias entomológicas encontradas indicaron que las moscas también **colonizaron las carcasas enterradas en las fosas simples pre- y post-deposición**. En ambos casos (enterramientos en espacio vacío y fosas simples), no se observaron muchos ejemplares adultos (Tabla 21), a excepción de las moscas que accedieron a las carcasas (colonizadoras post-deposición) cuando estas quedaron expuestas (Rogers, 2010). Parece que tanto las moscas colonizadoras pre-deposición como las colonizadoras post-deposición pudieron salir de las estructuras funerarias de Taphos-m, probablemente, aprovechando las grietas de las cubiertas o las depresiones del sedimento. El hecho de no encontrar muchas evidencias de ejemplares adultos, como ocurre en los enterramientos arqueológicos, también se pudo deber a que estos se descomponen más rápido que los puparios, ya que son frágiles y no resisten al paso del tiempo (Vanin y Huchet, 2017).

La mayoría de los puparios recolectados estaban abiertos por uno de los extremos (Figura 36a), confirmando que las moscas salieron de los puparios tras haber completado su ciclo de vida en los enterramientos de Taphos-m (Gennard, 2007; Vanin y Huchet, 2017). En cambio, en algunas de las estructuras funerarias (p. ej. 06-08) varios puparios aparecieron perforados por un lateral (Figura 36b). Estas perforaciones también se observaron en estudios anteriores y se describieron como la acción de las avispas para aprovechar los puparios como depósito de sus huevos (Huchet y Greenberg, 2010). Como en los enterramientos de Taphos-m también se identificaron ejemplares de avispas (Tabla 21) se consideró que estas fueron las responsables de las perforaciones laterales en los puparios.



Figura 35 • Ubicación de la fauna cadavérica en las estructuras de espacio vacío (flechas naranjas): (a) puparios de mosca en la base de la estructura de tejas y junto a los restos cadavéricos de 06-08 y (b) puparios de mosca en la base de la estructura de tejas y junto a los restos cadavéricos y especies oportunistas en la pared lateral de la estructura de tejas 19-10.

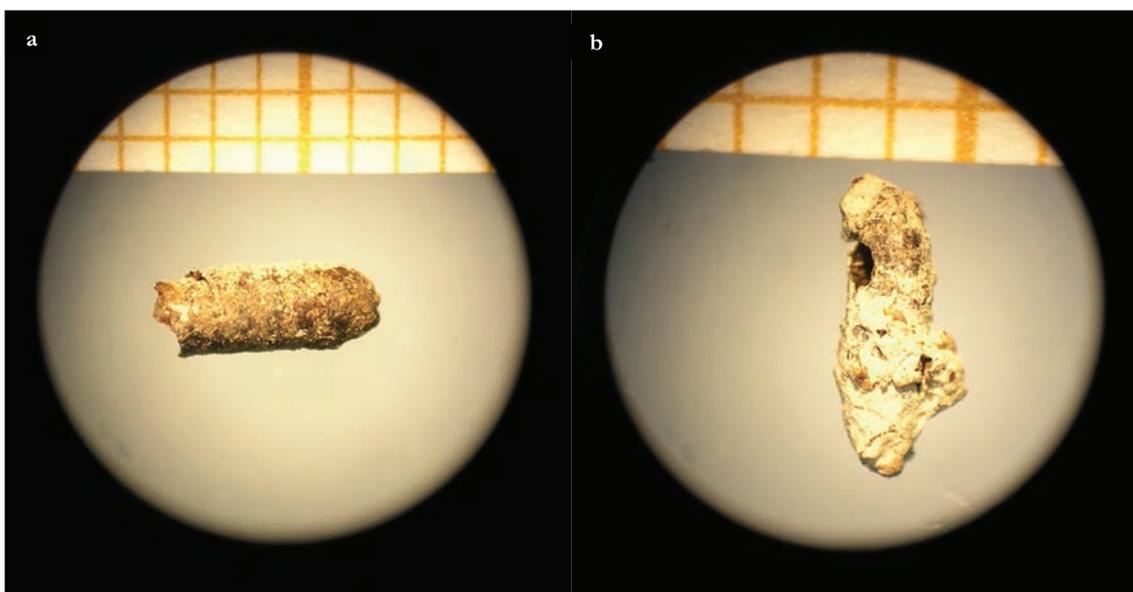


Figura 36 • Puparios de mosca en los enterramientos de Taphos-m: (a) pupario abierto de forma natural al salir la mosca y (b) pupario perforado en el lateral por una avispa parasitoide.

Cuando la descomposición avanza, diferentes familias de **coleópteros** acceden a los cadáveres (Gennard, 2007; Dadour y Harvey, 2008). Entre los recolectados en las carcasas de Taphos-m se identificaron escarabajos de las familias Carabidae, Cleridae, Dermestidae, Scarabaeidae y Staphylinidae (Tabla 21). Por un lado, Cleridae y Dermestidae colonizan los cadáveres esqueletizados que aún conservan parte de tejido desecado o que están completamente momificados (Gennard, 2007; Huchet, 2010; Baumjohanny y Benecke, 2019), como las carcasas 05-26, 06-08 y 19-10. Por otro lado, los escarabajos de las familias Carabidae, Scarabaeidae y Staphylinidae, identificados en los enterramientos 19-10 y 06-08 respectivamente, son predadores que se alimentan de otros insectos y de las larvas de las moscas (Gennard, 2007).

La presencia de hormigas en los enterramientos (Tabla 21) se debió al ambiente de las instalaciones o a que son **insectos omnívoros** que se alimentan tanto de los cadáveres como de los insectos que habitan en ellos (Gennard, 2007; Byrd y Castner, 2010). También se identificaron polillas, cigarras, arañas, cochinillas, cucarachas, “tijeretas” y miriápodos (Tabla 21). Estos **insectos oportunistas** aparecen en los cadáveres porque comparten su ambiente con los cuerpos en descomposición (Baumjohanny y Benecke, 2019).

En definitiva, el volumen y diversidad de insectos varió según el **tipo de estructura funeraria**, ya que en las estructuras de espacio vacío se observaron más ejemplares que en las fosas simples (Tabla 21). En general, los cuerpos depositados en estructuras funerarias de espacio vacío no herméticas permiten el acceso de los insectos, mientras que las fosas simples dificultan su acceso por la barrera física que existe (sedimento) entre la fauna cadavérica y el cuerpo (Janaway et al., 2009). El empeoramiento de las instalaciones a lo largo de los años provocó grietas y la separación de las tejas de las cubiertas de las estructuras de espacio vacío por las cuales pudieron acceder más insectos de los esperados. En consecuencia, en las estructuras 05-26, 06-08 y 19-10 se identificaron múltiples familias de dípteros, coleópteros, necrófilos, omnívoros y especies oportunistas (Tabla 21). Por otro lado, las pocas evidencias entomológicas halladas en las fosas simples confirmaron que las depresiones del terreno permitieron el acceso limitado de la fauna cadavérica ya que solo se identificaron especies oportunistas en la fosa 18-02 (Tabla 21) y algunos puparios de la familia Muscidae en las otras fosas simples. En relación al enterramiento 19-10 en el cual la carcasa se enterró envuelta en tela de algodón, la diversidad de insectos observados e identificados (Tabla 21) demostraron que **la tela de algodón no evitó el acceso de la fauna cadavérica a la misma**. Además, no se observaron diferencias entre la fauna asociada a la carcasa envuelta en tela de algodón (19-10) y la fauna asociada a las demás carcasas (05-26 y 06-08), reforzando lo descrito en trabajos anteriores (Anderson, 2011; Card et al., 2015). Sin embargo,

se considera necesario investigar más acerca de la descomposición de los cuerpos vestidos y del efecto de la fauna cadavérica en estos, dado que la mayoría de casos que se investigan son de cuerpos vestidos (Miles et al., 2020).

Por otro lado, aparecieron los mismos insectos en las carcasas de distinto **estado cadavérico** (Tabla 21). Se identificaron moscas Muscidae y Sarcophagidae en la carcasa momificada 05-26 y en las 2 carcasas esqueletizadas con desecación parcial (06-08 y 19-10). A pesar de que se han identificado moscas Muscidae en cadáveres humanos putrefactos y momificados (Bourel et al., 2004), en este estudio también se relacionaron con varias carcasas esqueletizadas. Además, en la carcasa 06-08 se identificaron moscas Calliphoridae y Piophilidae y en la carcasa 19-10 moscas Fanniidae, a pesar de que ambas presentaron el mismo estado cadavérico. Por otro lado, la familia de escarabajos Cleridae se identificó en las 3 carcasas que presentaban tejido desecado, ya fuera parcial (06-08 y 19-10) o total (05-26), mientras que la familia Dermestidae se identificó en la carcasa momificada 05-26 y solo en una de las carcasas esqueletizadas con desecación parcial (06-08). Scarabaeidae y Staphylinidae aparecieron en la carcasa 06-08 y la familia Carabidae en la carcasa 19-10, pese a que ambas carcasas presentaron el mismo estado cadavérico (esqueletización con desecación parcial). Aunque se ha descrito que algunos escarabajos sienten atracción por los restos cadavéricos esqueletizados, momificados o saponificados (Bourel et al., 2004), en ninguna de las carcasas esqueletizadas de Taphos-m aparecieron evidencias de escarabajos. Por último, las especies necrófilas, omnívoras y oportunistas identificadas aparecieron vinculadas a las carcasas porque se alimentan de los insectos necrófilos presentes en los enterramientos y/o porque comparten el mismo hábitat que los cuerpos (Gennard, 2007; Byrd y Castner, 2010; Baumjohanny y Benecke, 2019). Por lo tanto, no accedieron a las carcasas por su estado cadavérico en particular.

Generalmente, y como se ha observado en este estudio, las evidencias entomológicas asociadas a los restos cadavéricos correspondieron al exoesqueleto de los coleópteros y a los puparios de los dípteros adultos. Sin embargo, algunas de las modificaciones observadas en la superficie cortical de las escápulas fueron producidas por los huevos de los insectos (*capítulo 4.3.3.*).

4.8. Hongos asociados a los enterramientos

Parte de los resultados que se presentan a continuación aparecen publicados en un artículo (Gutiérrez et al., 2021; *Anexo III*) y en varios trabajos de máster realizados y codirigidos por la doctoranda (Gutiérrez, 2015; Rabionet, 2016; Salazar, 2018).

4.8.1. Estrategias de muestreo: técnica óptima

La estrategia de muestreo se fue modificando en las distintas intervenciones (2015-2018) hasta definir la que permitiese el muestreo sobre los restos cadavéricos de manera sencilla y no invasiva, garantizando el mejor crecimiento de las colonias en el laboratorio. En las dos primeras intervenciones, el muestreo se realizó mediante el raspado de los restos cadavéricos de los animales con espátula (**Estrategias 1 y 2**), y se identificaron un número bajo de colonias y poca diversidad, porque algunas de ellas se secaron antes de llegar al laboratorio y no fue posible su identificación morfológica (Rabionet, 2016). Teniendo en cuenta estos resultados y las recomendaciones de algunos autores (Urzi y De Leo, 2001), se descartó esta estrategia por ser dañina para los restos cadavéricos. Aunque muchos autores siguen utilizando materiales y estrategias invasivas (como las agujas, los bisturíes, los fórceps o las pinzas) para el muestreo de hongos sobre los cadáveres (Ishii et al., 2006; Piñar et al., 2013; Sidrim et al., 2009; Tranchida et al., 2018), en el estudio presentado por Sidrim y colaboradores en 2009 (en el cual utilizaron bisturí y pinzas) se concluyó que el trabajo no reflejó realmente la diversidad fúngica existente en los cuerpos muestreados, probablemente por la estrategia utilizada para ello. Por ello, para las muestras recogidas en 2017 se utilizaron otros materiales (**Estrategia 3**): hisopos estériles y placas de contacto RODAC. Todas las muestras recogidas durante esa intervención fueron sembradas en 70 medios de cultivo: 44 medios de cultivo para las muestras obtenidas con los hisopos estériles y 26 medios de cultivo incluidos en las placas de contacto RODAC. Las colonias crecieron en el 92,31% de los medios de cultivo de las placas de contacto RODAC, frente al 75% de los medios de cultivo creados de los hisopos estériles. Asimismo se observaron diferencias en la velocidad de crecimiento de las colonias muestreadas con ambos materiales (22-24°C): las colonias crecieron 2-4 días más rápido en los medios de cultivo de las placas de contacto RODAC (Tabla 22). Esto se debió a que las placas de contacto RODAC llevaban incorporado el medio de cultivo, permitiendo que continuase el crecimiento de las colonias desde el momento de la toma de la muestra. De manera que se garantizó la continuidad del crecimiento de las colonias días después en el laboratorio. En cambio, los hisopos estériles no estaban asociados a ningún medio de cultivo directo y hubo discontinuidad en la contribución nutricional hasta la siembra en el laboratorio. El tiempo transcurrido entre la recogida de las muestras con hisopos estériles y la siembra en el laboratorio (<48h) también pudo afectar en que el crecimiento de las colonias fuera menor y más lento (5-7 días) o incluso nulo. En otros trabajos (p. ej. Di Piazza et al., 2018), el crecimiento de las colonias muestreadas con hisopos estériles también ocurrió en 4-5 días. Por lo tanto, aunque el muestreo con hisopos estériles es el más adecuado para el estudio de las bacterias vinculadas a los cadáveres (Pangallo et al., 2013) y facilita el muestreo en zonas de difícil acceso (Čavka et al., 2010; Šimonovičová et al., 2015), los resultados obtenidos en este estudio demostraron que **la utilización de placas de contacto RODAC es la**

mejor estrategia para el muestreo de los hongos. De manera que en la intervención de 2018 solo se muestreó utilizando las placas de contacto RODAC (**Estrategia 4**). De los 36 medios de cultivo utilizados, 27 se incubaron a temperatura de laboratorio (22-24°C) y 9 a una temperatura más alta (35°C). Las colonias incubadas a 22-24°C crecieron en el 85,19% de los medios de cultivo y la velocidad de crecimiento fue la misma que en la intervención anterior (Tabla 22). Sin embargo, a 35°C las colonias no crecieron en todos los medios de cultivo y la velocidad de crecimiento varió en función del origen de la muestra (*capítulo 4.8.3*): las colonias muestreadas de la carcasa 26-11 crecieron en 2 días ocupando por completo los medios de cultivo, mientras que el crecimiento de las colonias muestreadas de las carcasas 07-05 y 20-04 fue nulo o menor y más lento (Salazar, 2018). En este sentido, parece que el crecimiento de las colonias estuvo garantizado a temperatura de laboratorio (22-24°C) y a temperaturas altas (35°C) quedó inhibido para algunas colonias.

Tabla 22 • Crecimiento de colonias fúngicas muestreadas con distintos materiales e incubadas a 22-24°C.

MATERIAL DE MUESTREO	N	CRECIMIENTO (%)	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO (DÍAS)
Hisopos estériles (Estrategia 3)	44	33/44 (75%)	MEA: 19/22 (86,36%)
			RBA: 14/22 (63,64%)
Placas de contacto RODAC (Estrategia 3)	26	24/26 (92,31%)	MEA: 11/13 (84,62%)
			RBA: 13/13 (100%)
Placas de contacto RODAC (Estrategia 4)	27	23/27 (85,19%)	MEA: 9/9 (100%)
			RBA: 9/9 (100%)
			BHI: 5/9 (55,55%)

4.8.2. Procedimiento en el laboratorio: medio de cultivo ideal

Las muestras recogidas con espátula en la primera intervención (**Estrategia 1**) no se cultivaron y, en consecuencia, las colonias se secaron y no fue posible la descripción morfológica ni la identificación de muchos de los ejemplares. Las muestras recogidas siguiendo las **Estrategias 2, 3 y 4** se cultivaron en el laboratorio y se obtuvieron colonias puras y bien desarrolladas que fueron posteriormente identificadas morfológicamente. Los medios de cultivo seleccionados parecían ser los más indicados para el crecimiento de las colonias muestreadas sobre los restos cadavéricos animales y también fueron utilizados por otros autores (p. ej. Bellini et al., 2015; Čavka et al., 2010; Di Piazza et al., 2018): (a) el medio de cultivo MEA es rico en carbohidratos y permite el crecimiento de cualquier tipo de microorganismo; (b) el medio de cultivo RBA, compuesto con inhibidores o supresores del crecimiento bacteriano, favorece el crecimiento de hongos y levaduras; y (c) el medio de cultivo BHI está compuesto por ingredientes de origen animal, substrato similar al de las carcasas de los cerdos (Tabla 11). Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron los esperados. Por un lado, tanto

a temperatura de laboratorio (22-24°C) como a temperatura alta (35°C), el crecimiento de los hongos fue positivo en los medios de cultivo MEA, pero la presencia de bacterias (típicas de los cuerpos en descomposición) inhibió el crecimiento y desarrollo de las características sexuales de algunos hongos e imposibilitó su identificación morfológica. Por otro lado, el crecimiento de las colonias en los medios de cultivo BHI fue menor de lo esperado. A pesar de ser un medio de cultivo de origen animal, la composición no fue la adecuada y también facilitó el crecimiento bacteriano, inhibiendo el crecimiento de las colonias de hongos. Probablemente el crecimiento fúngico habría sido mayor si se hubiese añadido algún inhibidor del crecimiento bacteriano en la preparación (p. ej. cloranfenicol), como utilizaron otros autores en sus estudios (Hitosugi et al., 2006; Ishii et al., 2006). Además, el bajo crecimiento fúngico pudo darse porque este medio de cultivo (bajo en carbohidratos) no es el adecuado para el crecimiento de los hongos típicos del suelo y su entorno, como lo son los identificados en las instalaciones Taphos-m. Como era de esperar, el crecimiento de las colonias en los medios de cultivo RBA fue mayor que en los otros dos ya que al ser un medio de cultivo rico en carbohidratos no existe competencia bacteriana que inhiba el crecimiento fúngico. En este sentido, parece que **la mejor estrategia para favorecer el crecimiento de las colonias fúngicas obtenidas de las carcasas en descomposición fue la utilización de medios de cultivo ricos en carbohidratos y con antibiótico.**

4.8.3. Hongos de los enterramientos de Taphos-m

Los géneros identificados en las muestras control (sedimento de fuera de las instalaciones y fosas simples) incubadas a 22-24°C fueron *Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Rhizopus* (Figura 37 y Tabla 23); géneros ampliamente distribuidos, de crecimiento rápido en suelo y que se adaptan a distintos hábitats (Sidrim et al., 2009; Tranchida et al., 2014; Calduch et al., 2018).

Tabla 23 • Hongos identificados en las muestras control a 22-24°C. Abreviaturas: x = presencia; - = ausencia; FS = fosa simple; Z = filo Zygomycota sensu lato; A = filo Ascomycota.

GÉNERO	MUESTRAS CONTROL					
	Instalaciones	FS 02-03	FS 07-05	FS 13-19	FS 15-25	FS 20-04
<i>Absidia</i> (Z)	-	-	x	-	-	-
<i>Acremonium-Fusarium</i> (A)	x	-	x	-	x	-
<i>Aspergillus</i> (A)	x	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> (A)	-	-	x	-	x	-
<i>Mucor</i> (Z)	-	-	-	-	x	-
<i>Penicillium</i> (A)	x	-	-	-	-	x
<i>Rhizopus</i> (Z)	x	-	-	-	-	x

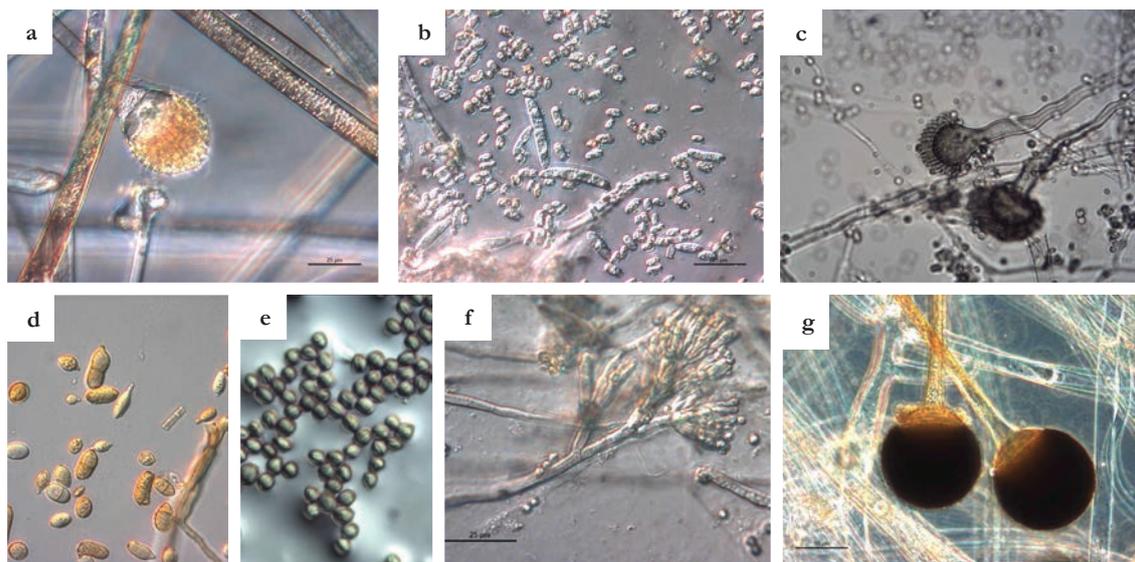


Figura 37 • Hongos identificados en las muestras control: (a) *Absidia*, (b) esporas de *Acremonium-Fusarium*, (c) *Aspergillus*, (d) esporas de *Cladosporium*, (e) esporas de *Mucor*, (f) *Penicillium* y (g) *Rhizopus*.

En las **muestras experimentales incubadas a 22-24°C** se identificaron un total de 30 géneros (Figura 38 y Tabla 24). El grupo más representado fue *Acremonium-Fusarium* (en 9 carcasas) seguido de *Penicillium* (en 8 carcasas); *Alternaria*, *Cladosporium* y *Mucor* (en 7 carcasas); *Rhizopus* y *Scopulariopsis* (en 6 carcasas); *Aspergillus*, *Cunninghamella* y *Geotrichum-Chrysonilia* (en 5 carcasas); y *Absidia* (en 4 carcasas). Sin embargo, la mayoría de los géneros (*Cephalosporium*, *Cylindrocarpon*, *Clonostachys*, *Doratomyces*, *Emericella*, *Eurotium*, *Geomyces*, *Mortierella*, *Myriodontium*, *Myxotrichum*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*, *Pythium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichophyton*, *Ulocladium*, *Verticillium* y *Zygorhynchus*) se identificaron en pocas carcasas. Por otro lado, en las **muestras experimentales incubadas a 35°C** solo se identificó el género *Rhizopus*. Las diferencias de crecimiento entre las colonias de *Rhizopus* identificadas en los medios de cultivo incubados a 22-24°C y a 35°C (Estrategia 4) indicaron que podrían ser distintas especies de *Rhizopus*: una especie termófila (en los medios de cultivo de la carcasa 26-11) y otra especie termo-tolerante (en los medios de cultivos de las carcasas 07-05 y 20-04).

La mayoría de los géneros identificados en las carcasas de Taphos-m (23), corresponden al filo *Ascomycota*, 6 al filo *Zygomycota sensu lato* y 1 género (*Pythium*) es un pseudohongo que no se clasifica en ningún filo del Reino Fungi. No se identificaron hongos del filo *Basidiomycota* (hongos PPF de la fase tardía) como se podría esperar por tratarse de enterramientos de más de 3 años. Lo cual confirmó que esta primera clasificación realizada por algunos autores (p. ej. Carter y Tibbett, 2003; Tibbett y Carter, 2003; Sagara et al., 2008) es orientativa. Probablemente por ello, la mayoría de los autores referenciados no la consideran en sus trabajos. Por lo tanto, sería conveniente realizar más estudios experimentales sobre la sucesión fúngica en los cuerpos en descomposición.

Resultados y Discusión

Tabla 24 • Hongos identificados en las muestras experimentales a 22-24°C. Abreviaturas: x = presencia; - = ausencia; FS = fosa simple; ET = estructura de tejas; ETC = estructura de tejas con cal; FSC = fosa simple con cal; Te = estructura tipo Tegulae; E = esqueletizado; EPSDP = esqueletizado con putrúlagos seco y desecación parcial; EPH = esqueletizado con putrúlagos húmedo; Z = filo Zygomycota sensu lato; A = filo Ascomycota.

GÉNERO	MUESTRAS EXPERIMENTALES													
	02-03	03-06	06-08	07-05	10-21	12-20	13-19	15-25	18-02	19-10	20-04	24-14	26-11	
	FS E	ET EPSDP	ET EPSDP	FS E	ETC EPSDP	ETC E	FSC E	FSC E	FS E	ET EPSDP	FS E	ET EPSDP	Te EPH	
<i>Absidia</i> (Z)	-	x	-	x	-	-	-	-	x	-	-	x	-	
<i>Acremonium-Fusarium</i> (A)	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	
<i>Alternaria</i> (A)	-	-	x	x	x	x	x	-	-	x	-	-	x	
<i>Aspergillus</i> (A)	x	x	-	-	-	x	-	-	x	x	-	-	-	
<i>Cephalosporium</i> (A)	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cladosporium</i> (A)	-	-	-	x	-	x	-	x	-	x	x	x	x	
<i>Clonostachys</i> (A)	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cunninghamella</i> (Z)	-	-	-	x	-	x	-	-	x	-	x	-	x	
<i>Cylindrocarpon</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	
<i>Doratomyces</i> (A)	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	
<i>Emericella</i> (A)	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Eurotium</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	
<i>Geomyces</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	
<i>Geotrichum-Chrysonilia</i> (A)	-	-	-	-	x	x	x	-	-	-	-	x	x	
<i>Mortierella</i> (Z)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	
<i>Mucor</i> (Z)	x	-	-	-	-	x	x	x	-	x	-	x	x	
<i>Myriodontium</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	
<i>Myxotrichum</i> (A)	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Paecilomyces</i> (A)	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	
<i>Papulaspora</i> (A)	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	
<i>Penicillium</i> (A)	-	-	-	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	
<i>Pythium (pseudohongo)</i>	x	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	
<i>Rhizopus</i> (Z)	-	-	-	x	x	x	-	-	-	-	x	x	x	
<i>Scopulariopsis</i> (A)	x	x	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	-	
<i>Stachybotrys</i> (A)	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Trichoderma</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	x	
<i>Trichophyton</i> (A)	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	
<i>Ulocladium</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	
<i>Verticillium</i> (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	x	
<i>Zygorhynchus</i> (Z)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	

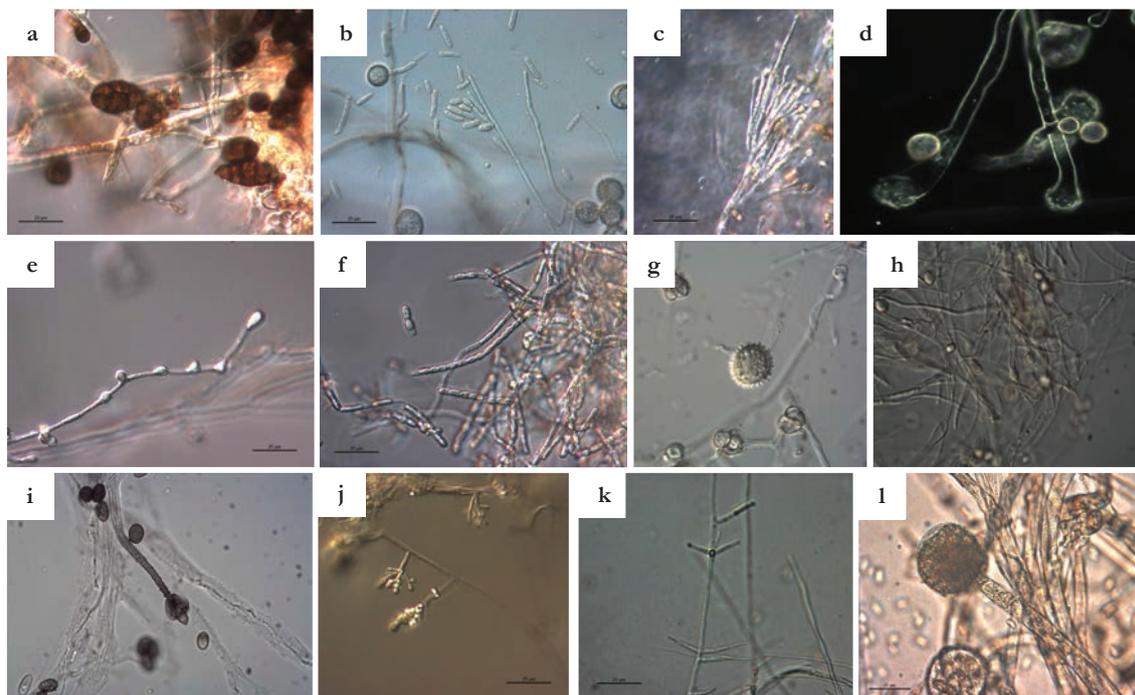


Figura 38 • Varios ejemplares de hongos identificados en las muestras experimentales: (a) esporas de *Alternaria*, (b) esporas de *Clonostachys*, (c) *Cunninghamella*, (d) *Cylindrocarpon*, (e) *Geomyces*, (f) *Geotrichum-Chrysonilia*, (g) esporas de *Pythium*, (h) *Scopulariopsis*, (i) *Stachybotrys*, (j) *Trichoderma*, (k) *Verticillium* y (l) *Zygorhynchus*.

El muestreo de las carcasas se realizó sobre **distintos sustratos**, teniendo en cuenta los distintos **estados cadavéricos** que presentaron las carcasas (Tabla 24): sobre **hueso** en las carcasas esqueletizadas y sobre **tejido blando** en las carcasas que conservaban tejido desecado o putrúlogo húmedo. Para una gestión más ágil de los resultados observados, la Tabla 25 muestra los géneros que se identificaron en cada tipo de sustrato. Esto no significa que, por ejemplo, todos los géneros identificados en las muestras de hueso aparecieran en todas las carcasas esqueletizadas. Como se puede observar, la mayoría de los géneros (18 del total) se identificaron en ambos sustratos (hueso y tejido desecado y/o húmedo) y solo algunos se identificaron exclusivamente en las muestras de hueso, en las muestras de tejido desecado o en las muestras de putrúlogo húmedo. Estos resultados indicaron que **no existen diferencias entre los hongos de las carcasas en distinto estado cadavérico**. Además, en los trabajos recogidos en la Tabla 6, se puede observar como algunas especies de *Aspergillus*, *Eurotium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Trichoderma* se aislaron de restos cadavéricos esqueletizados (p. ej. Ishii et al., 2006; Piñar et al., 2013; Bellini et al., 2015; Šimonovičová et al., 2015) y otras especies de *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Doratomyces*, *Eurotium*, *Geotrichum-Chrysonilia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma*, *Trichophyton* y *Verticillium* se aislaron de restos cadavéricos momificados, con pelo y/o piel (p. ej. Gradišar et al., 2000; Ishii et al., 2006; Sidrim et al., 2009; Čavka et al., 2010; Piñar et al., 2013; Šimonovičová et al., 2015); lo que

refuerza la hipótesis de que los hongos no se sienten atraídos por un tipo de estado cadavérico en concreto. No obstante, es la primera vez que se identifican *Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Cunninghamella*, *Cylindrocarpon*, *Doratomyces*, *Emericella*, *Geotrichum-Chrysonilia*, *Myriodontium*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*, *Pythium*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys* y *Trichophyton* en muestras de hueso, y los géneros *Absidia*, *Cunninghamella*, *Emericella*, *Geomyces*, *Myxotrichum*, *Paecilomyces*, *Pythium*, *Ulocladium* y *Zygorhynchus* en muestras de tejido blando desecado o húmedo.

Tabla 25 • Relación de hongos identificados en las muestras experimentales a 22-24°C y el tipo de sustrato muestreado. Abreviaturas: x = presencia; - = ausencia.

GÉNERO	MUESTRAS EXPERIMENTALES		
	Hueso	Tejido desecado	Tejido húmedo
<i>Absidia</i>	x	x	-
<i>Acremonium-Fusarium</i>	x	x	-
<i>Alternaria</i>	x	x	x
<i>Aspergillus</i>	x	x	-
<i>Cephalosporium</i>	x	-	-
<i>Cladosporium</i>	x	x	x
<i>Clonostachys</i>	x	-	-
<i>Cunninghamella</i>	x	-	x
<i>Cylindrocarpon</i>	x	-	-
<i>Doratomyces</i>	x	-	-
<i>Emericella</i>	x	x	-
<i>Eurotium</i>	-	x	-
<i>Geomyces</i>	-	-	x
<i>Geotrichum-Chrysonilia</i>	x	x	x
<i>Mortierella</i>	-	x	-
<i>Mucor</i>	x	x	x
<i>Myriodontium</i>	x	-	-
<i>Myxotrichum</i>	-	x	-
<i>Paecilomyces</i>	x	x	-
<i>Papulaspora</i>	x	-	-
<i>Penicillium</i>	x	x	x
<i>Pythium</i>	x	x	-
<i>Rhizopus</i>	x	x	x
<i>Scopulariopsis</i>	x	x	x
<i>Stachybotrys</i>	x	-	-
<i>Trichoderma</i>	x	-	x
<i>Trichophyton</i>	x	x	-
<i>Ulocladium</i>	-	x	x
<i>Verticillium</i>	x	-	x
<i>Zygorhynchus</i>	-	-	x

En los enterramientos con cal (10-21, 12-20 y 13-19) también se muestrearon las **costras de cal** formadas durante la descomposición (*capítulo 4.4.*), y los géneros identificados fueron *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Geotrichum-Chrysonilia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Scopulariopsis*. Aunque la cal se considera un compuesto antifúngico (Schotsmans, 2013) y en la mayoría de estudios experimentales y de casos reales no se observa crecimiento fúngico (Schotsmans et al., 2014a; Schotsmans et al., 2020). La utilización de la cal en Taphos-m enterramientos no inhibió el crecimiento de las colonias sobre las carcasas. Es importante remarcar que estas colonias fueron las mismas que se identificaron en el resto de las estructuras funerarias sin cal. Durante la descomposición del animal, las placas de cal estuvieron adheridas a la carcasa, de modo que el crecimiento de las colonias a partir de las placas de cal se debieron a la materia orgánica en las mismas.

Las 13 carcasas seleccionadas para este estudio estaban enterradas en **estructuras funerarias de distinta tipología**: fosas simples (02-03, 07-05, 18-02, 20-04 y 13-19, y 15-25 con cal), estructuras de tejas (03-06, 06-08, 19-10, 24-14 y 10-21, y 12-20 con cal) y tipo *tegulae* (26-11). En la Tabla 26 aparecen los géneros que se identificaron en cada tipo de estructura funeraria, pero esto no significa que, por ejemplo, todos los géneros identificados en las muestras de las fosas simples aparecieran en todas las carcasas enterradas en ese tipo de estructura funeraria, aunque sí en la mayoría. Algunos géneros solo se identificaron en alguna de las tipologías constructivas (estructuras colmatadas o estructuras de espacio vacío), pero la mayoría de ellos (16 del total) se identificaron en ambas. Existe muy poca bibliografía que relacione el tipo de estructura funeraria con los hongos presentes en los cuerpos en descomposición (Tabla 6). Pocos trabajos han relacionado algunas especies de *Aspergillus* y *Penicillium* con cuerpos enterrados en contacto directo con el sedimento (Tuthill y Christensen, 1986) o en espacios vacíos, como las catacumbas (Piñar et al., 2013). Estos resultados no son suficientes para determinar si los hongos identificados solo en las fosas simples o solo en las estructuras de espacio vacío de Taphos-m están realmente vinculados a esa tipología constructiva en concreto. Sin embargo, **no parece que los hongos tengan preferencia por un tipo de estructura funeraria**, ya que la presencia y el crecimiento de los hongos depende de las condiciones ambientales; si estas son favorables, los hongos crecen sobre los cadáveres porque representan una fuente de materia orgánica (Sidrim et al., 2009; Bellini et al., 2015). Por lo tanto, el crecimiento de los mismos hongos en las diferentes estructuras funerarias se debe a su presencia en el ambiente de las instalaciones y a las condiciones favorables.

Tabla 26 • Relación de los hongos identificados en las muestras experimentales a 22-24°C y el tipo de estructura funeraria. Abreviaturas: x = presencia; - = ausencia.

GÉNERO	MUESTRAS EXPERIMENTALES	
	Estructuras colmatadas (fosas simples)	Estructuras de espacio vacío (de tejas o tipo <i>tegulae</i>)
<i>Absidia</i>	x	x
<i>Acremonium-Fusarium</i>	x	x
<i>Alternaria</i>	x	x
<i>Aspergillus</i>	x	x
<i>Cephalosporium</i>	-	x
<i>Cladosporium</i>	x	x
<i>Clonostachys</i>	x	-
<i>Cunninghamella</i>	x	x
<i>Cylindrocarpon</i>	x	-
<i>Doratomyces</i>	x	-
<i>Emericella</i>	x	x
<i>Eurotium</i>	-	x
<i>Geomyces</i>	-	x
<i>Geotrichum-Chrysonilia</i>	x	x
<i>Mortierella</i>	-	x
<i>Mucor</i>	x	x
<i>Myriodontium</i>	x	-
<i>Myxotrichum</i>	-	x
<i>Paecilomyces</i>	-	x
<i>Papulaspora</i>	x	-
<i>Penicillium</i>	x	x
<i>Pythium</i>	x	x
<i>Rhizopus</i>	x	x
<i>Scopulariopsis</i>	x	x
<i>Stachybotrys</i>	-	x
<i>Trichoderma</i>	x	x
<i>Trichophyton</i>	x	x
<i>Ulocladium</i>	-	x
<i>Verticillium</i>	x	x
<i>Zygorhynchus</i>	-	x

Teniendo en cuenta todo lo expuesto hasta ahora, se puede decir que los 30 géneros de hongos identificados en las diferentes carcassas y estructuras funerarias de Taphos-m están relacionados con el **entorno de las instalaciones**. Por un lado, **el suelo** es el medio natural en el que viven microorganismos como los hongos (Giri et al., 2005); por ello, la mayoría de los que se encuentran en los cadáveres son especies saprófitas del ambiente que colonizan los tejidos blandos (Tranchida et al., 2018). De hecho, un estudio realizado por Hawksworth y Wiltshire (2015) determinó que los hongos del sedimento colonizan los cuerpos en la segunda

semana de la descomposición. La mayoría de los géneros identificados en Taphos-m (*Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Cunninghamella*, *Cylindrocarpon*, *Emericella*, *Eurotium*, *Geomyces*, *Geotrichum-Chrysonilia*, *Mortierella*, *Mucor*, *Myriodontium*, *Myxotrichum*, *Papulaspora*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma*, *Ulocladium*, *Verticillium* y *Zygorhynchus*) se encuentran entre los géneros de hongos más comunes en el sedimento (De Hoog et al., 2000; Samson et al., 2004; Giri et al., 2005; Bensch et al., 2018). Además, los géneros *Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Rhizopus* también se identificaron en las muestras control obtenidas del sedimento de las instalaciones, así como en las muestras control de otro trabajo publicado sobre los hongos asociados a cadáveres humanos en estado avanzado de descomposición (Tranchida et al., 2014). Todas las estructuras funerarias de Taphos-m se construyeron bajo tierra y, aunque en las estructuras de espacio vacío se intentó recrear una estructura hermética, los resultados presentados indicaron que ocurrieron eventuales filtraciones de sedimento (capítulos 4.1. y 4.2.). Por lo tanto, de alguna manera los hongos del suelo tuvieron acceso a todas las carcacas, independientemente de la tipología constructiva de la estructura funeraria donde fueron enterradas.

Así mismo, las instalaciones Taphos-m se construyeron **al aire libre en terreno agrícola**, hábitat común de géneros como *Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Emericella*, *Geotrichum-Chrysonilia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Stachybotrys*, *Trichophyton*, *Ulocladium* y *Verticillium*, aislados del aire, de alimentos (p. ej. cereales, vegetales) y/o de cultivos, además de ser patógenos de plantas (De Hoog et al., 2000; Samson et al., 2004; Čavka et al., 2010; Bensch et al., 2018; Caldach et al., 2018). El ecosistema más habitual del género *Geomyces*, que solo se identificó en la carcaca 26-11 (en esqueletización con putrúlogo húmedo), es el **ambiente frío y húmedo** (Hayes, 2012) similar al que se creó en la estructura funeraria 26-11.

Cabe destacar que algunos de los géneros identificados (*Acremonium-Fusarium*, *Aspergillus*, *Eurotium* y *Penicillium*) en la carcaca 19-10, envuelta en **tela de algodón**, ya habían sido identificados anteriormente en la vestimenta funeraria de restos cadavéricos momificados (Pangallo et al., 2013; Piñar et al., 2013; Šimonovičová et al., 2015).

Por otro lado, los hongos identificados en este estudio también se relacionan con el modelo animal utilizado: algunas especies de *Absidia*, *Emericella*, *Mucor* y *Scopulariopsis* son **saprófitas o patógenas de los animales** (Samson et al., 2004); *Geotrichum-Chrysonilia* forma

parte **del tracto digestivo humano y animal** (De Hoog et al., 2000); y varias especies de los géneros *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Doratomyces*, *Geomyces*, *Geotrichum-Chrysonilia*, *Mucor*, *Myriodontium*, *Myxotrichum*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys*, *Trichophyton*, *Ulocladium*, *Verticillium* y *Zygorhynchus* tienen **actividad queratinofílica** y/o son productores de queratinasas (De Hoog et al., 2000; Gradišar et al., 2000; Kim, 2003; Hayes, 2012; Singh y Kushwaha, 2015; Tranchida et al., 2018). Los **hongos queratinofílicos** colonizan los sustratos con queratina y la degradan. Por ejemplo, los hongos de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Scopulariopsis* y *Alternaria*, saprófitos del suelo y de plantas, también infectan la piel, pelo y uñas de humanos y animales (Gugnani, 2000). Entre los hongos queratinofílicos, algunos forman el grupo de los **hongos dermatofitos**, causantes de infecciones (dermatofitosis) en pelo, piel y uñas. Los dermatofitos pertenecen principalmente a los géneros *Epidermophyton*, *Microsporum* y *Trichophyton*, aunque también se consideran dermatofitos algunas especies de *Keratinomyces* (Simpanya, 2000). Además, algunas especies de *Aspergillus* y *Trichophyton* se consideran hongos dermatofitos o parásitos del tejido con queratina de humanos y animales (Singh y Kushwaha, 2015). Dependiendo de su hábitat, los hongos dermatofitos se consideran geófilos (patógenos en suelo), zoófilos (patógenos de animales) y antropófilos (patógenos de humanos). Aunque no es muy habitual, algunas especies de *Microsporum* y *Trichophyton* son patógenos de los cerdos (Cabañes, 2000; Simpanya, 2000).

De manera que **la presencia de estos 30 géneros fúngicos** aislados de las carcasas de Taphos-m y responsables de algunas de las modificaciones tafonómicas observadas (*capítulo 4.3.*), **se debe tanto al entorno de las instalaciones** (enterramientos en sedimento o con filtraciones, ambiente exterior y agrícola, microambientes húmedos y presencia de textil) **como a los animales enterrados en ellas** (hongos de la microbiota y hongos saprófitos y parásitos de animales). En general, los géneros identificados en Taphos-m ya habían sido vinculados con restos cadavéricos humanos (Tabla 6), algunos de ellos incluso aparecen en el mismo tipo de sustrato (hueso o tejido). Pese a que la presencia de los hongos en las carcasas esté vinculada al entorno de Taphos-m o al cuerpo del animal, **es la primera vez que se identifican los géneros *Absidia*, *Cephalosporium*, *Cunninghamella*, *Cylindrocarpon*, *Clonostachys*, *Emericella*, *Geomyces*, *Myxotrichum*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*, *Pythium*, *Stachybotrys*, *Ulocladium* y *Zygorhynchus* en restos cadavéricos esqueletizados o con tejido blando desecado o húmedo.** Estos resultados amplían el conocimiento sobre los hongos asociados a los cadáveres y, por lo tanto, completan el conocimiento que se tenía hasta el momento sobre la Micología de los enterramientos.

CAPÍTULO V



Consideraciones finales

“Heriotzarako heztea, bizitzarako heztea da.”

Naroa Martínez



Cada vez se conocen mejor los procesos que rodean la muerte de un individuo, así como las modificaciones tafonómicas que ocurren en las distintas circunstancias en las que se puede depositar o enterrar un cuerpo. De hecho, se estudian los cambios *post mortem* de los cadáveres considerando la localidad donde se han encontrado debido a que las condiciones climáticas son uno de los factores que más afecta a la descomposición de los cuerpos. Sin embargo, ese conocimiento cada vez mayor de los procesos de la descomposición vinculados a lugares o espacios específicos, no ha sido suficiente para crear una base de datos universal sobre todos los aspectos que ocurren durante y después de la muerte (Haglund y Sorg, 1997; Haglung y Sorg, 2002; Schotsmans et al., 2017). Por ello, es imprescindible aumentar la experimentación, gracias a la cual, controlando ciertas variables que afectan a la descomposición, es posible observar y entender cómo actúan las demás. Partiendo de esta idea, se creó el proyecto experimental Taphos-m, con el objetivo principal de determinar si los cuerpos de animales enterrados en distintos tipos de estructuras funerarias (bajo tierra y durante años) muestran o no las mismas modificaciones óseas. Para ello, se construyeron unas instalaciones con 26 estructuras funerarias distintas (usando distintos materiales de construcción y simulando distintos ritos funerarios), en las cuales se enterraron cerdos de características biológicas conocidas. A pesar de haber registrado la información *ante mortem* de cada animal seleccionado para el proyecto (ficha *ante mortem*), tras la excavación, se observaron patologías y traumatismos óseos que no habían sido registrados anteriormente. La presencia de estas lesiones ofreció un acceso adicional al cuerpo para la fauna cadavérica, provocando la desarticulación de las regiones anatómicas afectadas.

El empeoramiento de las instalaciones a lo largo de los años fue evidente. En general, la climatología del lugar fue bastante constante y sin grandes cambios; salvo en 2015, año muy lluvioso y con rachas de viento elevadas. Probablemente, estos cambios climatológicos fueron los responsables del desprendimiento del montículo próximo a las instalaciones. En consecuencia, cayeron piedras

y tierra, doblando la valla del recinto y rompiendo, colmatando y filtrando sedimento dentro de las estructuras funerarias más próximas al mismo. Las filtraciones del sedimento, provocaron la colmatación secundaria de algunas carcasas que habían sido enterradas originalmente en estructuras de espacio vacío. La vegetación creció masivamente sobre las fosas simples y en los márgenes de las estructuras de espacio vacío, cambiando por completo el paisaje y dificultando el acceso a las instalaciones. Las secuelas del crecimiento de la vegetación se observaron en la separación de los materiales de las cubiertas de las estructuras de espacio vacío, pero también en los huesos de los animales enterrados en las fosas simples, con manchas de las raíces en la superficie cortical de las escápulas. Por lo tanto, las estructuras funerarias perdieron por completo la hermeticidad con la que habían sido creadas. También las fosas simples perdieron la barrera protectora del sedimento debido a las profundas depresiones del terreno que se observaron durante años. De modo que el empeoramiento de las instalaciones y de las estructuras funerarias a lo largo de los años, favoreció la “exposición” de las carcasas a la intemperie y permitió el acceso de animales. De hecho, a parte de las filtraciones del sedimento procedente del montículo, también se observaron marcas de agua de la lluvia y animales pequeños, como sapos, caracoles e insectos colonizadores post-deposición dentro de las estructuras funerarias. Estas intrusiones provocaron, por ejemplo, la desarticulación de algunos huesos por la acción del agua y/o de algunos animales y cambios de coloración por las impresiones de los puparios. Por lo tanto, todas estas perturbaciones ocurridas en las instalaciones Taphos-m fueron responsables del estado de las carcasas tras estar 3-6 años enterradas. Pero no fueron los únicos agentes y procesos tafonómicos ocurridos. A pesar de que los cambios climáticos suelen ser los que mayor influencia tienen sobre el estado de los cuerpos, en este estudio la tipología de las estructuras funerarias fue la responsable de los principales cambios tafonómicos. Por un lado, las carcasas enterradas en las fosas simples estaban esqueletizadas, mientras que las carcasas enterradas en estructuras de espacio vacío conservaron tejido desecado o húmedo. En rasgos generales, la distribución espacial ósea de las carcasas se mantuvo articulada en contacto con el sedimento y los huesos se desarticulaban en las estructuras de espacio vacío. Aunque también se observaron ciertas modificaciones por consecuencia de otros agentes y procesos tafonómicos. Asimismo la coloración de los esqueletos varió en función de la tipología de la estructura funeraria, siendo más claros los esqueletos de las fosas simples y más oscuros los enterrados en las estructuras funerarias de espacio vacío. La coloración de los huesos fue bastante homogénea, aunque se observaron ciertas diferencias de color entre los huesos de ambos lados y a modo de manchas provocadas por distintos agentes, entre los cuales estaban los líquidos de la descomposición y los hongos asociados a los enterramientos. La excavación provocó la desarticulación, el daño y fragmentación de algunos huesos. El contacto de las carcasas con el sedimento no solo favoreció el mantenimiento de las articulaciones sino que supuso el agrietamiento, descamación y exfoliación de la superficie cortical de los huesos. El

42,3% de las carcasas conservaron una parte de tejido blando desecado o húmedo que ayudó en el mantenimiento de las articulaciones. Igual que la conservación de los fragmentos de tela de algodón que, por un lado, conservaron los tejidos blandos y, por otro, mantuvieron las articulaciones. La cal empleada en algunos de los enterramientos, se adhirió a los huesos y permitió el mantenimiento de las articulaciones en algunos casos por falta de espacio; pero las placas sólidas que se formaron desarticulaban ciertas partes anatómicas.

Todos los agentes y procesos tafonómicos comentados provocaron los efectos observados en las carcasas de Taphos-m y, por lo tanto, fueron los responsables de la historia tafonómica de estos enterramientos. Entre todos ellos, se estudiaron en detalle la fauna cadavérica y los hongos (agentes biológicos). Por un lado, se identificaron morfológicamente las especies de insectos recolectados de varias estructuras funerarias y se determinaron 2 momentos de colonización: pre-deposición y post-deposición de las carcasas en las distintas estructuras funerarias. Cabe destacar que la colonización post-deposición pudo ocurrir en distintos momentos durante el periodo que duraron los enterramientos, ya que las bases de las estructuras funerarias de espacio vacío estaban cubiertas de puparios a distintos niveles. Por otro lado, también se identificaron morfológicamente los hongos muestreados sobre las carcasas en distintos substratos (tejido, hueso y cal). Se determinó la mejor estrategia de muestreo *in situ* y de trabajo en el laboratorio, ya que no existe un protocolo estandarizado para este tipo de trabajos. Algunos de los géneros identificados habían sido descritos en trabajos similares, pero con estos resultados se aumenta el conocimiento sobre los hongos asociados a los enterramientos. Los resultados de ambos estudios concluyeron que ni la fauna cadavérica ni los hongos identificados se relacionan con el estado cadavérico de las carcasas, pero el acceso de la fauna cadavérica parece que sí está condicionada por el tipo de depósito en el que se encuentran las mismas.

El presente trabajo muestra los resultados del proyecto Taphos-m, un **estudio pionero** en el estado español, dando a conocer los procesos y los cambios que ocurrieron a lo largo de los años en las instalaciones y en cada uno de los enterramientos reproducidos de forma experimental. Conociendo todas las variables con anterioridad (características de las estructuras funerarias e información *ante mortem* de los animales), ha sido posible inferir en cuales fueron las responsables de los **efectos tafonómicos** observados años después. De hecho, el estado en el cual se encontraron las carcasas, la distribución espacial ósea de los esqueletos y la coloración de los huesos dependieron principalmente del tipo de enterramiento. Aunque originalmente no todos los animales se enterraron con sedimento, algunas carcasas se cubrieron casi por completo con el sedimento filtrado, impidiendo reconocer el tipo de estructura funeraria original. El análisis de la distribución espacial

ósea de las carcasas, de patrón desarticulado, y la ubicación de la fauna cadavérica en los límites de la estructura, permitió identificar el proceso ocurrido. Además, el estudio piloto sobre la **fauna cadavérica** asociada a estos enterramientos confirmó los distintos grupos de insectos que acceden a los cuerpos en descomposición, y el tipo de evidencia (ejemplares adultos, puparios o larvas) y su ubicación en los enterramientos explica el momento en cual estos accedieron al cuerpo (pre-deposición y post-deposición). Del mismo modo, gracias al estudio de los **hongos** se ha definido una estrategia de trabajo óptima para el muestreo, cultivo e identificación de los hongos vinculados a los enterramientos y a los restos cadavéricos que no había sido definida con anterioridad. Siendo un campo poco estudiado, el presente trabajo aporta nuevos conocimientos sobre los géneros fúngicos que pueden aparecer vinculados a los restos cadavéricos enterrados, de los cuales 14 géneros no habían sido identificados hasta la fecha en este tipo de substrato.

No obstante, el presente estudio también presenta ciertas **limitaciones** que se deben tener en cuenta. Principalmente la mayor limitación ha sido el número de enterramientos reproducidos. El espacio y el tiempo disponible para la creación de las instalaciones no permitieron construir más de 26 estructuras funerarias y, por ello, no se pudieron reproducir más enterramientos de características similares o iguales. En consecuencia, en los análisis estadísticos no se pudieron tener en cuenta todas las variables o factores que interactúan durante la descomposición de los cuerpos. Por otro lado, todos los animales destinados al proyecto murieron por causas naturales, lo que supuso no poder seleccionarlos por sus características biológicas ni enterrarlos a la vez, ya que a medida que morían los animales en las granjas se trasladaban a las instalaciones. Por ello, la proporción de hembras y machos no fue equitativa, las edades de los ejemplares eran muy diferentes y solo se pudieron enterrar 2 cerdos de alimentación ecológica.

Aprovechando las instalaciones de Taphos-m, se realizaron pequeños estudios sobre la fauna cadavérica y los hongos asociados a los enterramientos. Los resultados obtenidos, sobre todo en el estudio de los hongos, suponen un punto de partida para **futuros estudios**. En el presente trabajo se identificaron morfológicamente las colonias fúngicas muestreadas sobre las carcasas, pero no siempre se pudo determinar el género al cual pertenecían debido a las similitudes morfológicas entre distintos géneros (p. ej. *Acremonium* y *Fusarium*). Realizar una **identificación genética** permitiría, por un lado, diferenciar las colonias de los grupos fúngicos morfológicamente similares y, por otro lado, comprobar si existen preferencias entre las distintas especies del mismo género, por ejemplo, en el tipo de enterramiento o estado cadavérico de las carcasas. Del mismo modo, sería interesante poder estudiar en detalle los **efectos tafonómicos microscópicos** sobre la superficie cortical de los huesos y determinar, por ejemplo, la afectación del crecimiento de las colonias fúngicas sobre los huesos.

CAPÍTULO VI



Conclusiones

“(…) en tierra, en humo, en polvo, en sombra, en nada.”

Luis de Góngora 1582



1. La **evolución del estado de las instalaciones Taphos-m** se debe a las variaciones climatológicas (sobre todo precipitaciones y viento), al crecimiento de la vegetación sobre y entre las estructuras funerarias, a las profundas depresiones del terreno de las fosas simples y al desprendimiento del montículo. Estas modificaciones han cambiado por completo el paisaje de las instalaciones en poco tiempo, dificultando el acceso a las estructuras funerarias y repercutiendo en los enterramientos y en el estado de las carcasas. En consecuencia, las estructuras funerarias **han perdido la hermeticidad** inicial, de modo que ocurren **filtraciones de agua y la entrada de pequeños animales** (incluidos los insectos de la fauna cadavérica) responsables de cambios en la distribución espacial ósea de las carcasa.
2. La variable que más determina **el estado cadavérico es la tipología de la estructura funeraria**: los enterramientos en fosas simples favorecen la esqueletización de los cuerpos, mientras que en los enterramientos en espacio vacío se conservan los tejidos blandos durante más tiempo. El tiempo de enterramiento ha sido demasiado largo para observar la influencia de la **climatología** en el estado cadavérico. Aunque el número de enterramientos con **cal** no permite realizar análisis estadísticos, parece que su presencia en los enterramientos **no retrasa la descomposición de los cuerpos**, y por lo tanto, no favorece un estado cadavérico en concreto. La variabilidad de los demás factores (p. ej. ingesta de medicamentos, ropa o envoltura) en la descomposición no permite determinar su efecto; es necesario un tamaño de muestra mayor.
3. Las carcasas se **mantienen articuladas** cuando la descomposición tiene lugar en espacio colmatado, en espacio limitado por la costra de cal o en contacto con una superficie firme, así como a la conservación del tejido blando y/o de la tela de algodón. Sin

embargo, **la desarticulación de las carcasas** sucede cuando la descomposición ocurre en espacio vacío, por el peso de las placas de cal sobre los huesos, como consecuencia de las excavaciones o del transporte por parte de animales o del agua filtrada, y por la acción de la fauna cadavérica en regiones anatómicas lesionadas.

4. La **coloración de los esqueletos** también se relaciona con la **tipología de la estructura funeraria**: las carcasas enterradas en fosas simples adquieren el color del sedimento, mientras que las carcasas enterradas en las estructuras de espacio vacío son más oscuras porque están pigmentadas por los líquidos de la descomposición que no se filtran tan rápido como en las fosas simples. Además, las **manchas de la superficie cortical** de las escápulas se deben a diversos agentes y procesos tafonómicos: la pigmentación desigual por los líquidos de la descomposición o los crotales de los animales, las partículas de sedimento y de cal que se adhieren a los huesos, las impresiones de los puparios y de los huevos de la fauna cadavérica, y el crecimiento de los hongos y de la vegetación.

5. Los humanos durante las excavaciones y los animales son los agentes tafonómicos responsables de las **marcas lineales** y las **perforaciones** de la superficie cortical de las escápulas, así como de la **fragmentación ósea**. Por otro lado, el sedimento o las tejas de las bases de las estructuras funerarias provocan la **descamación, agrietamiento y exfoliación** de la superficie cortical de las escápulas en las zonas de contacto prolongado.

6. Aparece **fauna cadavérica** asociada a todos los enterramientos de Taphos-m, independientemente del **estado cadavérico** de las carcasas. Los dípteros han colonizado todas las carcasas de Taphos-m pre- y post-deposición y son responsables de modificaciones tafonómicas. Por lo tanto, la tipología de la **estructura funeraria** no ha sido un obstáculo para el acceso de la fauna cadavérica, aunque aparece mayor diversidad de insectos en las estructuras de espacio vacío que en las fosas simples. Además, la tela envolviendo el cuerpo del animal tampoco dificulta el acceso de la fauna cadavérica.

7. La mejor **estrategia de trabajo** para el estudio de los hongos asociados a los restos cadavéricos es el muestreo *in situ* con placas de contacto RODAC con medio de cultivo RBA y el cultivo posterior a 22-24°C. Los hongos responsables de algunas modificaciones tafonómicas de las carcasas de Taphos-m se relacionan con el entorno de las instalaciones y con el modelo animal, no con la tipología de la estructura funeraria ni el estado cadavérico de las carcasas. Aunque la mayoría de colonias identificadas en este

Conclusiones

estudio no es la primera vez que se vinculan a restos cadavéricos en descomposición, los géneros *Absidia*, *Cephalosporium*, *Cunninghamella*, *Cylindrocarpon*, *Clonostachys*, *Emericella*, *Geomyces*, *Myxotrichum*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*, *Pythium*, *Stachybotrys*, *Ulocladium* y *Zygorhynchus* **no han sido identificados en este tipo de substrato hasta el momento.**

8. Los estudios con modelos animales y en instalaciones experimentales que reconstruyen condiciones reales permiten **reconocer los agentes y procesos tafonómicos** responsables de los efectos que se pueden observar en los enterramientos de distintos contextos.

CAPÍTULO VII



Bibliografía

“The strata or layers can be viewed as the pages in a book, while the Stratigraphy is the story that is being told”

Dirkmaat & Adovasio 1997



- Adlam, R. E. y Simmons, T. (2007). The effect of repeated physical disturbance on soft tissue decomposition: are taphonomic studies an accurate reflection of decomposition? *Journal of Forensic Science*, 52(5), 1007-1014. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00510.x>
- Altarriba, J. y Saloña, M. (2019). Múscidos (Diptera, Muscidae) asociados a un cadáver de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en Leioa (Bizkaia, España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 64, 193-196.
- Amadasi, A., Camici, A., Porta, D., Cucca, L., Merli, D., Milanese, C., Profumo, A., Rassifi, N. y Cattaneo, C. (2017). Assessment of the effects exerted by acid and alkaline solutions on bone: is chemistry the answer? *Journal of Forensic Sciences*, 62(5), 1297-1303. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13429>
- Anderson, G. S. (2011). Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1), 136-142. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01539.x>
- Andrews, P. (1990). *Owls, caves and fossils*. Londres, Reino Unido: Natural History Museum. Chicago: University of Chicago Press.
- Andrews, P. y Armour-Chelu, M. (1998). Taphonomic observations on a surface bone assemblage in a temperate environment. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 169(3), 433-442.
- Andrews, P. y Fernández-Jalvo, Y. (2003). Cannibalism in Britain: Taphonomy of the Creswellian (Pleistocene) faunal and human remains from Gough's Cave (Somerset, England). *Bulletin of the Natural History Museum of London*, 58, 59-81.
- Andrews, P. y Fernández-Jalvo, Y. (2012). How to approach perimortem injury and other modifications. En L. S. Bell (Ed.), *Forensic microscopy for skeletal tissues: methods and protocols* (pp. 191-224). Nueva York, Estados Unidos: Springer.

- Armentano, N. y Malgosa, A. (2003). Enterramientos primarios *versus* enterramientos secundarios. *Actas del XII Congreso de la Sociedad Española de Antropología Forense: Antropología y Biodiversidad*.
- Armentano, N., Esteve, X., Nociarová, D. y Malgosa, A. (2012a). Taphonomical study of the anthropological remains from Cova Des Pas (Minorca). *Quaternary International*, 275, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.10.025>
- Armentano, N., Jordana, X. y Malgosa, A. (2014). Estudio tafonómico e interpretación del gesto funerario de los restos óseos de la Cova de Montanissell (Alt Urgell, Lleida). *Trabajos de Prehistoria*, 71(1), 156-172. <https://doi.org/10.3989/tp.2014.12130>
- Armentano, N., Nociarová, D. y Malgosa, A. (2012b). Taphos-m: Taphonomical and Anthropological project: human osteobiography using *Sus scrofa domestica* model. *Revista Funeraria*, 109, 58-59.
- Arnaldos, M. I., Romera, E., García, M. D. y Luna, A. (2001a). An initial study on the succession of sarcosaprophagous Diptera (Insecta) on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine*, 144, 156-162. <https://doi.org/10.1007/s004140000146>
- Arnaldos, M. I., Romera, E., García, M. D. y Luna, A. (2001b). Protocolo para la recogida, conservación y remisión de muestras entomológicas en casos forenses. *Cuadernos de Medicina Forense*, 25, 65-73.
- Baumjohann, K. y Benecke, M. (2019). Insect traces and de mummies of Palermo - a status report. *Entomologie heute*, 31, 73-93.
- Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4(2), 150-162.
- Behrensmeyer, A. K. y Kindwell, S. M. (1985). Taphonomy's contributions to Paleobiology. *Paleobiology*, 11(1), 105-119.
- Bellini, E., Ambrosio, E., Di Piazza, S., Gabbrielli, M. y Zotti, N. (2015). *Microfungi on human corpse in the skeletalization stage*. Comunicación oral. 7th European Academy of Forensic Science Conference (Praga, República Checa).
- Bensch, K., Groenewald, J. Z., Mijer, M., Dijksterhuis, J., Jurjević, Z., Andersen, B., Houbraken, J., Corus, P. W. y Samson, R. A. (2018). *Cladosporium* species in indoor environments. *Studies in Mycology*, 89, 177-301. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.03.002>
- Black, S. (2017). Body farms. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 13, 475-476. <https://doi.org/10.1007/s12024-017-9917-y>
- Blau, S. (2017). The effects of weathering on bone preservation. En E. M. J. Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 201-211). Chichester, Reino Unido: Wiley.

Bibliografía

- Botella, M. C., Alemán, I. y Jiménez, S. A. (2010). *Los huesos humanos: manipulación y alteraciones*. Barcelona, España: Edicions Bellaterra.
- Bouquin, D., Beauthier, J. P. y Depierre, G. (2012). *The dead do not dress: contribution of forensic anthropology experiments to burial practices analysis*. Comunicación oral. International Conference on Cultural Heritage and New Technologies (Viena, Italia).
- Bourel, B., Tournel, G., Hédouin, V. y Gosset, D. (2004). Entomofauna of buried bodies un northern France. *International Journal of Legal Medicine*, 118, 215-220. <https://doi.org/10.1007/s00414-004-0449-0>
- Bugajski, K. N., Seddon, C. C. y Williams, R. E. (2011). A comparison of blow fly (Diptera: Calliphoridae) and beetle (Coleoptera) activity on refrigerated only versus frozen-thawed pig carcasses in Indiana. *Journal of Medical Entomology*, 48(6), 1231-1235. <https://doi.org/10.1603/me10215>
- Byrd, J. H. y Castner, J. L. (2010). *Forensic Entomology: the utility of arthropods in legal investigations* (2ª ed.) Nueva York, Estados Unidos: CRC Press.
- Cabañes, F. J. (2000). Dermatophytes in domestic animals. En R. K. S. Kushwaha y J. Guarro (Ed.), *Biology of dermatophytes and other keratinophilic fungi* (pp.104-108). Bilbao, España: Revista Iberoamericana de Micología.
- Cáceres, I., Esteban-Nadal, M., Bennàsar, L. y Fernández-Jalvo, Y. (2009). Disarticulation and dispersal processes of cervid carcass at the Bosque de Riofrío (Segovia, Spain). *Journal of Taphonomy*, 7(2-3), 129-141.
- Cahoon, S. E. (1992). *Effects of clothing on human decomposition and deterioration of associated yarns*. Trabajo Final de Máster. Universidad de Tennessee, Estados Unidos.
- Calduch, C., Girbal, J., Galtés, I., Malgosa, A., Gallego, M. A. y Stchigel, A. M. (2018). Massive colonization of human remains by the microscopic fungus *Scopulariopsis brevicaulis* Bainier. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 135, 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.10.004>
- Cambra, O. (2006). *Bioestratinomía y Fosildiagénesis de Arcosaurios. Aplicación de la Actuatofonomía al estudio de la influencia paleobiológica en el proceso tafonómico*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, España. <http://hdl.handle.net/10486/2645>
- Card, A., Cross, P., Moffatt, C. y Simmons, T. (2015). The effect of clothing on the rate of decomposition and Diptera colonization on *Sus scrofa* carcasses. *Journal of Forensic Sciences*, 60(4), 979-982. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12750>
- Carles-Tolrá, M., Díaz, B. y Saloña, M. (2012). Algunos dípteros necrófilos capturados sobre cadáveres de cerdos en el País Vasco (España) (Insecta: Diptera: Brachycera). *Heteropterus Revista de Entomología*, 12(2), 213-222.

- Carter, D. O. y Tibbett, M. (2003). Taphonomic Mycota: fungi with forensic potential. *Journal of Forensic Sciences*, 48(1), 1-4. <http://dx.doi.org/10.1520/JFS2002169>
- Castex, D. y Blaizot, F. (2017). Reconstructing the original arrangement, organization and architecture of burials in Archaeology. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 277-295). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Castro, M., Centeno, N. y González-Vainer, P. (2019). An initial study of insect succession on pig carcasses in open pastures in the northwest of Uruguay. *Forensic Science International*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.05.053>
- Čavka, M., Glasnović, A., Janković, I., Šikanjić, P. R., Perić, B., Brkljačić, B., Mlinarić-Missoni, E. y Škrilin, J. (2010). Microbiological analysis of a mummy from the archaeological museum in Zagreb. *Collegium Antropologicum*, 34(3), 803-805.
- Chandel, R. S., Sharma, S. y Sharma, S. (2018). Forensic analysis of fungal evidence: a systematic approach. *The Journal of Indian Society of Toxicology*, 14(1), 34-42. <http://dx.doi.org/10.31736/jist/v14.i1.2018.35-42>
- Christensen, A. M. y Myers, S. W. (2011). Macroscopic observations of the effects of varying fresh water pH on bone. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 475-478. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01646.x>
- Coard, R. (1999). One bone, two bones, wet bones, dry bones: transport potentials under experimental conditions. *Journal of Archaeological Science*, 26, 1369-1375. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0438>
- Cockle, D. L. y Bell, L. S. (2015). Human decomposition and the reliability of a 'Universal' model for *post mortem* interval estimations. *Forensic Science International*, 253, 136.e1-136.e9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.05.018>
- Colard, T., Delannoy, Y., Naji, S., Gosset, D., Hartnett, K. y Bécart, A. (2015). Specific patterns of canine scavenging in indoor settings. *Journal of Forensic Sciences*, 60(2), 495-500. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.12684>
- Congram, D. (2013). Deposition and dispersal of human remains as a result of criminal acts: *Homo sapiens sapiens* as a taphonomic agent. En J. T. Pokines, S. A. Symes (Ed.), *Manual of Forensic Taphonomy* (pp. 251-287). Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Connor, M., Baigent, C. y Hansen, E. S. (2018). Testing the use of pigs as human proxies in decomposition studies. *Journal of Forensic Sciences*, 63(5), 1350-1355. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.13727>
- Cook, J. (1986). Marked human bones from Gough's cave, Somerset. *Proceedings of the University of Bristol Speleological Society*, 17(3), 275-285.

Bibliografía

- Cortese, S. F. (2005). *Breve análisis sobre los factores que mimetizan características físicas de huesos quemados. Nuevas perspectivas del diagnóstico diferencial en Paleopatología*. Póster. VII Congreso Nacional de Paleopatología (Mallorca, España).
- Couri, M. S., Ferraz, S. M., Cunha, A. M., Pinheiro, J. y Cunha, E. (2008). Diptera Brachycera found inside the esophagus of a mummified adult male from the early XIX century, Lisbon, Portugal. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 103(2), 211-213.
- Cross, P., Simmons, T., Cunliffe, R. y Chatfield, L. (2009). Establishing a taphonomic research facility in the United Kingdom. *Forensic Science Policy & Management: An International Journal*, 1(4), 187-191. <http://dx.doi.org/10.1080/19409041003653095>
- Cunningham, S. L., Kirkland, S. A. y Ross, A. H. (2011). Bone weathering of juvenile-sized remains in the North Carolina Piedmont. En A. H. Ross y S. M. Abel (Ed.), *The Juvenile Skeleton in Forensic Abuse Investigations* (pp. 179-196). Estados Unidos: Springer.
- Dadour, I. R. y Harvey, M. L. (2008). The role of invertebrates in terrestrial decomposition. En M. Tibbet y D. O. Carter (Ed.), *Soil analysis in Forensic Taphonomy. Chemical and biological effects of buried human remains* (pp. 109-122). Nueva York, Estados Unidos: CRC Press.
- Dautartas, A. M. (2009). *The effect of various coverings on the rate of human decomposition*. Trabajo Final de Máster. Universidad de Tennessee, Estados Unidos.
- Dautartas, A. M., Kenyhercz, M. W., Vidoli, G. M., Jantz, L. M., Mundorff, A. y Steadman, D. W. (2018). Differential decomposition among pig, rabbit, and human remains. *Journal of Forensic Science*, 63(6), 1673-1683. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.13784>
- David, R. (Ed.). (2008). *Egyptian mummies and modern science*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- De Hoog, G. S., Guarro, J., Gené, J. y Figueras, M. J. (2000). *Atlas of clinical fungi* (2ª ed.), Washington, Estados Unidos: Amer Society of Microbiology.
- Denys, C. (2002). Taphonomy and experimentation. *Archaeometry*, 44(3), 469-484. <http://dx.doi.org/10.1111/1475-4754.00079>
- Di Piazza, S., Zotti, M., Barranco, R., Cecchi, G., Greco, G. y Ventura, F. (2018). Post-mortem fungal colonization pattern during 6 weeks: two case studies. *Forensic Science International*, 289, e18-e23. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.05.037>
- Domsch, K. H., Gams, W. y Anderson, T. H. (2007). *Compendium of soil fungi*. Eching, Alemania: Lubrecht & Cramer Ltd.
- Doughty, C. (2017). *De aquí a la eternidad: una vuelta al mundo en busca de la buena muerte*. Madrid, España: Capitán Swing Libros S.L.
- Duday, H. (1990). Observations ostéologiques et décomposition du cadavre: sepulture colmatée ou en espace vide. *Revue Archéologique du Centre de la France*, 29(2), 193-196.

- Duday, H., Courtaud, P., Crubezy, E., Sellier, P. y Tillier, A. M. (1990). L'Anthropologie "de terrain": reconnaissance et interpretation des gestes funéraires. *Bullet et Mémorial de la Sociedad d'Anthropologie de Paris*, 2(3-4), 29-50.
- Dupras, T. L., Schultz, J. J., Wheeler, S. M. y Williams, L. J. (2006). *Forensic recovery of human remains, Archaeological*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Efremov, J. A. (1940). Taphonomy a new branch of Palaeontology. *Pan-American Geologist*, 74(2), 81-93.
- Eliopoulos, C., Moraitis, K., Reyes, F., Spiliopoulou, C. y Manolis, S. (2011). Guidelines for the recognition of cemetery remains in Greece. *American Journal of Forensic Medicine & Pathology*, 32, 153-156. <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e3182156405>
- Etxeberria, F. (1994). Aspectos macroscópicos del hueso sometido al fuego: revisión de las cremaciones descritas en el País Vasco desde la Arqueología. *MUNIBE*, 46, 111-116.
- Etxeberria, F., Serrulla, F. y Herrasti, L. (2014). Simas, cavernas y pozos para ocultar cadáveres en la Guerra Civil española (1936-1939). Aportaciones desde la Antropología Forense. *MUNIBE*, 65, 269-288.
- Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (2016). *Atlas of taphonomic identifications: 1001+ Images of fossil and recent mammal bone modification*. Londres, Reino Unido: Springer.
- Ferreira, M. T. y Cunha, E. (2013). Can we infer post mortem interval on the basis of decomposition rate? A case from a Portuguese cemetery. *Forensic Science International*, 226, 298.e1-298.e6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.01.006>
- Fitzgerald, C. M. y Oxenham, M. (2009). Modelling time-since-death in Australian temperate conditions. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 41(1), 27-41. <https://doi.org/10.1080/00450610902935981>
- Flores Pérez, L. R., Molina Chávez, H., Nava Hernández, M. y Pérez Villegas, F. M. (2017). Forensic entomology case studies from Mexico. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 410-419). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Forbes, S. L., Stuart, B. H. y Dent, B. B. (2005). The effect of the burial environment on adipocere formation. *Forensic Science International*, 154, 24-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.107>
- Forbes, S. L., Troobnikoff, A. N., Ueland, M., Nizio, K. D. y Perrault, K.A. (2016). Profiling the decomposition odour at the grave surface before and after probing. *Forensic Science International*, 259, 193-199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.12.038>

- García-Morato, S., Marin-Monfort, M. D. y Fernández-Jalvo, Y. (2019). Rolling bones: A preliminary study of micromammal abrasion on different initial taphonomic stages. *Paleontología Electrónica*, 22.2(2), 1-16. <https://doi.org/10.26879/974>
- Gennard, D. E. (2007). *Forensic Entomology: an introduction*. Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Gifford-Gonzalez, D. (1991). Bones are not enough: analogues, knowledge and interpretive strategies in Zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 10, 215-254. [https://doi.org/10.1016/0278-4165\(91\)90014-O](https://doi.org/10.1016/0278-4165(91)90014-O)
- Gil, F., Ramírez, G., Ayala, M. D., López, O., Latorre, R., Martínez, F., Sánchez, C., Arencibia, A., Orenes, M. y Vázquez, J. M. (2017). *Anatomía interactiva del cerdo*. Área de Anatomía Veterinaria. Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas. Universidad de Murcia. <https://es.scribd.com/document/350059521/Anatomia-Interactiva-Del-Cerdo>
- Gil, M., Urtiaga, A., Martínez, M. A. y Saloña, M. (2014). Protocolo de actuación para la recogida y registro de muestras entomológicas en una investigación pericial forense. *Eguzkilore*, 28, 275-386.
- Giri, B., Giang, P. H., Kumari, R., Prasad, R. y Varma, A. (2005). Microbial diversity in soils. En F. Buscot y A. Varma (Ed.), *Microorganism in soils: roles in genesis and functions* (pp.19-55). Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Gisbert-Calabuig, J. A. (2004). *Medicina Legal y Toxicología*. Barcelona: Ediciones Masson.
- Gradišar, H., Kern, S. y Friedrich, J. (2000). Keratinase of *Doratomyces microspores*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53, 196-200. <https://doi.org/10.1007/s002530050008>
- Gravesen, S., Frisvad, J. C. y Samson, R. A. (1994). *Microfungi* (1ª ed.). Copenhagen, Dinamarca: Munksgaard.
- Gugnani, H. C. (2000). Nondermatophytic filamentous keratinophilic fungi and their role in human infection. En R. K. S. Kushwaha y J. Guarro (Ed.), *Biology of dermatophytes and other keratinophilic fungi* (pp.109-114). Bilbao, España: Revista Iberoamericana de Micología.
- Gunn, A. y Bird, J. (2011). The ability of the blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina* (Rob-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and the muscid flies *Muscina stabulans* (Fallén) and *Muscina prolapse* (Harris) (Diptera: Muscidae) to colonise buried remains. *Forensic Science International*, 207, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.10.008>
- Gutiérrez, A. (2015). *Sus scrofa domestica como modelo tafonómico: primeras valoraciones del proyecto Taphos-m*. Trabajo Final de Máster. Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Gutiérrez, A., Guardia, L., Nociarová, D., Malgosa, A. y Armentano, N. (2021). Taphonomy of experimental burials in Taphos-m: the role of fungi. *Revista Iberoamericana de Micología*. En prensa.

- Gutiérrez, A., Nociarová, D., Malgosa, A. y Armentano, N. (2016). Comparación de los efectos tafonómicos observados en dos estructuras funerarias de espacio vacío. *Revista Española de Medicina Legal*, 42(3), 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2016.03.002>
- Gutiérrez, A., Nociarová, D., Malgosa, A. y Armentano, N. (2017). Taphos-m, a taphonomical research using *Sus scrofa domestica* model in an experimental facility. *Archaeological and Environmental Forensic Science*, 1(1), 33-48. <https://doi.org/10.1558/aefs.32473>
- Haglund, W. D. y Sorg, M. H. (Ed.) (1997). *Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Haglund, W. D. y Sorg, M. H. (Ed.) (2002). *Advances in Forensic Taphonomy: method, theory, and archaeological perspectives*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Hawksworth, D. L. y Wiltshire, P. E. J. (2011). Forensic mycology: the use of fungi in criminal investigations. *Forensic Science International*, 206, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.06.012>
- Hawksworth, D. L. y Wiltshire, P. E. J. (2015). Forensic mycology: current perspectives. *Research and Reports in Forensic Medical Science* 5, 75-83. <https://doi.org/10.2147/RRFMS.S83169>
- Hayes, M. A. (2012). The *Geomyces* fungi: ecology and distribution. *BioScience* 62(9), 819-823. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.9.7>
- Hayman, J. y Oxenham, M. (2015). Peri-mortem disease treatment: a little known cause of error in the estimation of the time since death in decomposing human remains. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 48, 171-185. <https://doi.org/10.1080/00450618.2015.1042048>
- Hill, A. (1979). Disarticulation and scattering of mammal skeletons. *Palaeobiology*, 5, 261-274. <https://www.jstor.org/stable/2400259>
- Hill, A. y Behrensmeyer, A. K. (1984). Disarticulation patterns of East African ungulates. *Paleobiology*, 10(3), 366-376. <https://www.jstor.org/stable/2400606>
- Hitosugi, M., Ishii, K., Yaguchi, T., Chigusa, Y., Kurosu, A., Kido, M., Nagai, T. y Tokudome, S. (2006). Fungi can be a useful forensic tool. *Legal Medicine*, 8, 240-242. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2006.04.005>
- Huchet, J. B. (1996). L'Archéoentomologie funéraire: une approche originale dans l'interprétation des sépultures. *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 8(3-4), 299-311.
- Huchet, J. B. (2010). Anchaeoentomological study of the insect remains found within the mummy of Namenkhet Amun (San Lazzaro Armenian Monastery, Venice/Italy). *Advances in Egyptology*, 1, 59-80.
- Huchet, J. B. (2014). Insect remains and their traces: relevant fossil witnesses in the reconstruction of past funerary practices. *Anthropologie*, 3, 329-346.

- Huchet, J. B. y Greenberg, B. (2010). Flies, Mochicas and burial practices: a case study from Huaca de la Luna, Peru. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2846-2856. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.06.025>
- Huchet, J. B., Le Mort, F., Rabinovich, R., Blau, S., Coqueugniot, H. y Arensburg, B. (2013). Identification of dermestid pupal chambers on Southern Levant human bones: inference for reconstruction of Middle Bronze Age mortuary practices. *Journal of Archaeological Science*, 40, 3793-3803. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.04.025>
- Huculak, M. A. y Rogers, T. L. (2009). Reconstructing the sequence of events surrounding body disposition based on colour staining of bone. *Journal of Forensic Science*, 54(5), 979-984. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2009.01086.x>
- Illana-Esteban, C. (2013). Forensic Mycology. *Boletín Sociedad Micología*, 37, 229-244. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.06.012>
- Illescas, J. L., Ferrer, S. y Caho, O. (2012). *Guía práctica del porcino*. Madrid, España: Mercasa.
- Ishii, K., Hitosugi, M., Kido, M., Yaguchi, T., Nishimura, K., Hosoya, T. y Tokudome, S. (2006). Analysis of fungi detected in human cadavers. *Legal Medicine*, 8, 188-190. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2005.12.006>
- Jagers, K. A. y Rogers, T. L. (2009). The effects of soil environment on *postmortem* interval: a macroscopic analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 54(6), 1217-1222. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2009.01160.x>
- Janaway, R. C. (2008). The decomposition of materials associated with buried cadavers. En M. Tibbett y D. O. Carter (Ed.), *Soil analysis in forensic Taphonomy. Chemical and biological effects of buried human remains* (pp. 153-201). Nueva York, Estados Unidos: CRC Press.
- Janaway, R. C., Percival, S. L. y Wilson, A. S. (2009). Decomposition of Human Remains. En S. L. Percival (Ed.), *Microbiology and Aging* (pp. 313-334). Nueva York, Estados Unidos: Springer.
- Janjua, M. A. y Rogers, T. L. (2008). Bone weathering patterns of metatarsal v. femur and the *postmortem* interval in Southern Ontario. *Forensic Science International*, 178, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.01.011>
- Junkins, E. N. y Carter, D. O. (2017). Relationship between human remains, graves and the depositional environment. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 145-154). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Kendall, C., Hoier, A. M., Kontopoulos, I., Collins, M. J. y Turner-Walker, G. (2017). Diagenesis of archaeological bone and tooth. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 491, 21-37. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.11.041>

- Kim, J. D. (2003). Keratinolytic activity of five *Aspergillus* species isolated from poultry farming soil in Korea. *Mycobiology*, 31(3), 157-161. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2003.31.3.157>
- Knüsel, C. J. y Robb, J. (2016). Funerary taphonomy: an overview of goals and methods. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, 655-673. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.05.031>
- Kontopoulos, I., Nystrom, P. y White, L. (2016). Experimental taphonomy: post-mortem microstructural modifications in *Sus scrofa domesticus* bone. *Forensic Science International*, 266, 320-328. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.06.024>
- Krahmer, R., Schröder, L., Michel, G. y Hutte, G. (1979). *Anatomía de los animales domésticos*. Zaragoza, España: ACRIBIA.
- Lloveras, L., Rissech, C. y Rosado, N. (2016). Tafonomía forense. En C. Sanabria-Medina (Ed.), *Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas, hasta la audiencia pública* (pp. 453-523). Bogotá, Colombia: Forensic Publisher.
- Lowe, A. C., Beresford, D. V., Cartes, D. O., Gaspari, F., O'Brien, R. C., Stuart, B. H. y Forbes, S. L. (2013). The effects of soil texture on the degradation of textiles associated with buried bodies. *Forensic Science International*, 231, 331-339. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.05.037>
- Lyman, R. L. (1994). *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139878302>
- Lyman, R. L. (2010). What Taphonomy is, what it isn't, and why taphonomists should care about the difference. *Journal of Taphonomy*, 8(1), 1-16.
- Mann, R. W., Bass, W. M. y Meadows, L. (1990). Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *Journal of Forensic Sciences*, 35(1), 103-111.
- Matuszewski, S., Hall, M. J. R., Moreau, G., Schoenly, K. G., Tarone, A. M. y Villet, M. H. (2020). Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. *International Journal of Legal Medicine*, 134, 793-810. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02074-5>
- Mégnin, J. P. (1894). *La faune des cadavres, application de l'entomologie à la médecine légale* (reedición 2019). Langres, Francia: De Natura Rerum klincksieck.
- Miles, K. L., Finaughty, D. A. y Gibbon, V. E. (2020). A review of experimental design in forensic taphonomy: moving towards forensic realism. *Forensic Sciences Research*, 5(4), 249-259. <https://doi.org/10.1080/20961790.2020.1792631>
- Miller, G. J. (1975). A study of cuts, grooves, and other marks on recent and fossil bone. II: Weathering, cracks, fractures, splinters, and other similar natural phenomena. En E. Swanson (Ed.), *Lithic Technology* (pp. 211-226). Paris, Francia: Mouton Publishers.

- Miquel, M., Sarobe, R. y Subiranas, C. (Ed.) (2017). *El panteó reial de Santes Creus*. Barcelona: Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions EADOP i Museu d'Història de Catalunya. <https://santescreus.mhcat.cat>
- Munsell Soil Color Charts (1994). Macbeth Division of Kollinorgen Instruments Corporation, New Windsor, Estados Unidos.
- Nicholson, R. A. (1996). Bone degradation, burial medium and species representation: debunking the myths, an experiment-based approach. *Journal of Archaeological Science*, 23, 513-533. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0049>
- Nociarová, D. (2016). *Taphonomical and Anthropological analysis of unclaimed human remains from cemetery context in Barcelona*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, España. <http://hdl.handle.net/10803/393919>
- Nociarová, D., Adserias, M. J., Armentano, N., Galtés, I. y Malgosa, A. (2014a). Exhumaciones de los restos humanos no reclamados como modelo tafonómico. *Revista Española de Medicina Legal*, 41 (2), 53-57. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2014.08.003>
- Nociarová, D., Adserias, M. J., Malgosa, A. y Galtés, I. (2014b). Where do those remains come from? *Forensic Science International*, 245, e18–e24. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.10.006>
- O'Hanlon, R. (2018). Fungi in the environment. En K. Kavanagh (Ed.), *Fungi: Biology and Applications* (pp. 333-353). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Palla, F., Sineo, L. y Manachini, B. (2011). Bacteria, fungi and arthropod pets collected on modern human mummies. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 43(2), 69-76. <https://doi.org/10.4081/jear.2011.69>
- Pangallo, D., Kraková, L., Chovanová, K., Bučková, M., Puškarová, A. y Šimonovičová, A. (2013). Disclosing a crypt: microbial diversity and degradation activity of the microflora isolated from funeral clothes of Cardinal Peter Pázmány. *Microbiological Research*, 168, 289-299. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2012.12.001>
- Payne, J. A. (1965). A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*, 46(5), 592-602. <https://doi.org/10.2307/1934999>
- Perrault, K. A. y Forbes, S. L. (2016). Elemental analysis of soil and vegetation surrounding decomposing human analogues. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. <http://dx.doi.org/10.1080/00085030.2016.1184840>
- Perrier, R. (1968). *La faune de la France illustrée II: Arachnides et crustacés*. Paris, Francia: Delagrave.
- Pilloud, M. A., Megyesi, M. S., Truffer, M. y Congram, D. (2016). The taphonomy of human remains in a glacial environment. *Forensic Science International*, 261, 161.e1-161.e8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.01.027>

- Piñar, G., Piombino-Mascalì, D., Maixner, F., Zink, A. y Sterflinger, K. (2013). Microbial survey of the mummies from the Capuchin Catacombs of Palermo, Italy: biodeterioration risk and contamination of the indoor air. *Microbiology Ecology*, 86(2), 341-56. <http://dx.doi.org/10.1111/1574-6941.12165>
- Pokines, J. T. (2016). Taphonomic alterations to terrestrial surface-deposited human osseous remains in a New England environment. *Journal of Forensic Identification*, 66(1), 59-78.
- Pokines, J. T. y Tersigni-Tarrant, M. T. (2017). Forensic Taphonomy. En N. R. Langley y M. T. Tersigni-Tarrant (Ed.), *Forensic Anthropology: a comprehensive introduction* (pp. 57-78). Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Pokines, J. T., Zinni, D. P. y Crowley, K. (2015). Taphonomic Patterning of Cemetery Remains Received at the Office of the Chief Medical Examiner, Boston, Massachusetts. *Journal of Forensic Sciences*, 61, S71-S81. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.12902>
- Pollock, C. R., Pokines, J. T. y Bethard, J. D. (2018). Organic staining on bone from exposure to wood and other plant materials. *Forensic Science International*, 283, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.12.021>
- Prieto, J. L., Magaña, C. y Ubelaker, D. H. (2004). Interpretation of postmortem change in cadavers in Spain. *Journal of Forensic Science*, 49(5). <https://doi.org/10.1520/JFS2003337>
- Rabionet, Z. (2016). *Recollida i anàlisi de mostres entomològiques i micològiques procedents de diferents enterraments del projecte Taphos-m*. Trabajo Final de Máster. Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Renfrew, C. y Bahn, P. (1991). *Archaeology. Theories, Methods and Practice*. Londres, Reino Unido: Thames & Hudson.
- Reverte-Coma, J. M., (1991). *Antropología Forense*. Madrid, España: Ministerio de Justicia.
- Ríos, L., Martínez, B., García-Rubio, A. Herrasti, L. y Etxeberria, F. (2013). Marks of autopsy and identification of victims of human rights violations exhumed from cemeteries: the case of the Spanish Civil War (1936-1939). *International Journal of Legal Medicine*, 128, 889-895. <https://doi.org/10.1007/s00414-013-0896-6>
- Roberts, S. J., Smith, C. I., Millard, A. y Collins, M. J. (2002). The taphonomy of cooked bone: characterizing boiling and its physicochemical effects. *Archaeometry*, 44(3), 485-494. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00080>
- Rodriguez, W. C. y Bass, W. M. (1983). Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee. *Journal of Forensic Sciences*, 28(2), 423-432. <https://doi.org/10.1520/JFS11524J>

- Rodriguez, W. C. y Bass, W. M. (1985). Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. *Journal of Forensic Sciences*, 30(3), 836-852. <https://doi.org/10.1520/JFS11017J>
- Rogers, C. J. (2010). *Dating death: forensic taphonomy and the postmortem interval*. Tesis Doctoral. University of Wolverhampton, Reino Unido.
- Rogers, T. L. (2005). Recognition of cemetery remains in a forensic context. *Journal of Forensic Science*, 50(1), 5-11. <https://doi.org/10.1520/JFS2003389>
- Ross, A. H. y Cunningham, S. L. (2011). Time-since-death and bone weathering in a tropical environment. *Forensic Science International*, 204, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.05.018>
- Safont, S., Alemán, A. y Malgosa, A. (1999). Memòria de l'excavació realitzada a la tomba del carrer nou, 12 (Sant Bartolomeu del Grau, Osona). Antropologia física. (Inèdit. Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya).
- Sagara, N., Yamanaka, T. y Tibbett, M. (2008). Soil fungi associated with graves and latrines: toward Forensic Mycology. En M. Tibbet y D. O. Carter (Ed.), *Soil Analysis in forensic Taphonomy. Chemical and biological effects of buried human remains* (pp. 67-101). Nueva York, Estados Unidos: CRC Press.
- Salazar, R. (2018). *Análisis de las muestras micológicas halladas en los cuerpos enterrados en las instalaciones del proyecto experimental Taphos-m*. Trabajo Final de Máster. Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Samson, R. A., Hoekstra, E. S. y Frisvad, J. C. (2004). *Introduction to food and airborne fungi* (6ª ed.). Washington, Estados Unidos: Amer Society of Microbiology.
- Schoenly, K. G., Haskell, N. H., Mills, D. K., Bieme-Ndi, C., Larsen, K. y Lee, Y. (2006). Recreating death's acre in the school yard: using pig carcasses as model corpses to teach concepts of Forensic Entomology and Ecological succession. *The American Biology Teacher*, 68(7), 402-410. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2006\)68\[402:RDAITS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2006)68[402:RDAITS]2.0.CO;2)
- Schotsmans, E. M. J. (2013). *The effects of the lime on the decomposition of buried human remains: A field and laboratory based study for forensic and archaeological application*. Tesis Doctoral. University of Bradford, Reino Unido.
- Schotsmans, E. M. J. y Van de Voorde, W. (2017). Concealing the crime: the effects of chemicals on human tissues. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 335-351). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Schotsmans, E. M. J., Denton, J., Dekeirsschieter, J., Ivaneanu, T., Leentjes, S., Janaway, R. C. y Wilson, A. S. (2012). Effects of hydrated lime and quicklime on the decay of buried human

- remains using pig cadavers as human body analogues. *Forensic Science International*, 217, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.09.025>
- Schotsmans, E. M. J., Denton, J., Fletcher, J. N., Janaway, R. C. y Wilson, A. S. (2014a). Short-term effects of hydrated lime and quicklime on the decay of human remains using pig cadavers as human body analogues: Laboratory experiments. *Forensic Science International*, 238, 142.e1-142.e10. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.12.047>
- Schotsmans, E. M. J., Fletcher, J. N., Denton, J., Janaway, R. C. y Wilson, A. S. (2014b). Long-term effects of hydrated lime and quicklime on the decay of human remains using pig cadavers as human body analogues: Field experiments. *Forensic Science International*, 238, 141.e1-141.e13. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.12.046>
- Schotsmans, E. M. J., García-Rubio, A., Edwards, H. G. M., Munshi, T., Wilson, A. S. y Ríos, L. (2016). Analyzing and interpreting lime burials from the Spanish Civil War (1936-1939): a case study from La Carcavilla cemetery. *Journal of Forensic Sciences*, 62(2), 498-510. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13276>
- Schotsmans, E. M. J., Márquez-Grant, N. y Forbes, S. L. (Ed.) (2017). *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment*. Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Schotsmans, E. M. J., Toksoy-Köksal, F., Brettell, R. C., Bessou, M., Corbineau, R., Lingle, A. M., Bouquin, D., Blanchard, P., Becker, K., Castex, D., Knüsel, C. J., Wilson, A. S. y Chapoulié, R. (2019). Not all that is white is lime - white substances from archaeological burial contexts: analyses and interpretations. *Archaeometry*, 1-19. <https://doi.org/10.1111/arcm.12453>
- Schotsmans, E. M. J., Van de Vijver, K., Wilson, A. S. y Castex, D. (2015). Interpreting lime burials. A discussion in light of lime burial at St. Rombout's cemetery in Mechelen, Belgium (10th-18th centuries). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 3, 464-479. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.07.006>
- Schotsmans, E. M. J., Wessling, R., McClue, W. A., Wilson, A. S., Edwards, H. G. M. y Denton, J. (2020). Histology and Raman spectroscopy of limed human remains from the Rwandan Genocide. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 70, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2020.101895>
- Schultz, J. J., Williamson, M. A., Nawrocki, S. P., Falsetti, A. B. y Warren, M. W. (2003). A taphonomic profile to aid in the recognition of human remains from historic and/or cemetery context. *The Florida Anthropologist*, 56(2), 141-147.
- Sidrim, J. J. C., Moreira Filho, R. E., Cordeiro, R. A., Rocha, M. F. G., Caetano, E. P., Monteiro, A. J. y Brillhante, R. S. N. (2009). Fungal microbiota dynamics as a *post mortem* investigation tool: focus on *Aspergillus*, *Penicillium* and *Candida* species. *Journal of Applied Microbiology*, 108(5), 1751-1756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04573.x>

- Simmons, T. (2017). Post-mortem interval estimation: an overview of techniques. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 134-142). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Simmons, T., Croos, P. A., Adlam, R. E. y Moffatt, C. (2010). The influence of insects on decomposition rate in buried and surface remains. *Journal of Forensic Sciences*, 55(4), 889-892. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01402.x>
- Šimonovičová, A., Kraková, L., Pangallo, D., Majorošová, M., Piecková, E., Bodoriková, S. y Dörnhöferová, M. (2015). Fungi on mummified human remains and in the indoor air in the Kuffner family crypt in Sládkovičovo (Slovakia). *International Biodeterioration and Biodegradation*, 99, 157-164. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.12.011>
- Simpanya, M. F. (2000). Dermatophytes: their taxonomy, ecology and pathogenicity. En R. K. S. Kushwaha y J. Guarro (Ed.), *Biology of dermatophytes and other keratinophilic fungi* (pp.1-12). Bilbao, España: Revista Iberoamericana de Micología.
- Singh, I. y Kushwaha, R. K. S. (2015). Keratinases and microbial degradation of keratin. *Advances in Applied Science Research*, 6(2), 74-82.
- Smith, K. G. V. (1986). *A manual of forensic entomology*. Oxford, Reino Unido: British Museum.
- Solari, A., Pessis, A. M., Martin, G., Barbosa, F. y Monteiro da Silva, S. F. S. (2020). Las termitas como agentes naturales de alteraciones tafonómicas postdeposicionales en un esqueleto humano del sitio arqueológico Toca do Enoque (Piauí, Brasil). *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 22(1). <https://doi.org/10.24215/18536387e016>
- Spatafora, J. W., Chang, Y., Benny, G. L., Lazarus, K., Smith, M. E., Berbee, M. L., Bonito, G., Corradi, N., Grigoriev, I., Gryganskyi, A., James, T. Y., O'Donnell, K., Roberson, R. W., Taylor, T. N., Uehling, J., Vilgalys, R., White, M. M. y Stajich, J. E. (2016). A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. *Mycologia*, 108(5), 1028-1046. <https://doi.org/10.3852/16-042>
- Spies, M. L., Finaughty, D. A., Friedling, L. J. y Gibbon V. E. (2020). The effect of clothing on decomposition and vertebrate scavengers in cooler months of the temperate southwestern Cape, South Africa. *Forensic Science International*, 309. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110197>
- Stehr, F. W. (2005). *Immature insects*. Michigan, Estados Unidos: Kendall Hunt Publishing Company.
- Stock, M. K., Winburn, A. P. y Burgess, G. H. (2017). Skeletal indicators of shark feeding on human remains: evidence from Florida Forensic Anthropology cases. *Journal of Forensic Sciences*, 62(6), 1647-1654. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13470>

- Stokes, K. L., Forbes, S. L. y Tibbett, M. (2013). Human versus animal: contrasting decomposition dynamics of mammalian analogues in experimental Taphonomy. *Journal of Forensic Sciences*, 58(3), 583-591. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12115>
- Stuart, B. H. y Ueland, M. (2017). Degradation of clothing in depositional environment. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 120-133). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Stutz, A. J. y Stutz, L. N. (2018). Burial and ritual. En W. Trevathan (Ed.), *The International Encyclopedia of Biological Anthropology* (pp. 1-12). Chichester, Reino Unido: Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118584538.ieba0081>
- Szelecz, I., Koenig, I., Seppey, C. V. W., Le Bayon, R. C., Mitchell, E. A. D. (2018). Soil chemistry changes beneath decomposing cadavers over a one-year period. *Forensic Science International*, 286, 155-165. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.02.031>
- Thew, H. (2000). *Effects of lime on the decomposition rate of buried remains*. Trabajo final de Máster. Universidad de Indianapolis, Estados Unidos. <http://archlab.uindy.edu>
- Tibbett, M. y Carter, D. O. (2003). Mushrooms and Taphonomy: the fungi that mark woodland graves. *Mycologist*, 17(1), 20-24. [https://doi.org/10.1017/S0269-915X\(03\)00115-0](https://doi.org/10.1017/S0269-915X(03)00115-0)
- Tibbett, M. y Carter, D. O. (2008). *Soil analysis in forensic Taphonomy. Chemical and biological effects of buried human remains*. Nueva York, Estados Unidos: CRC Press.
- Tranchida, M. C. y Cabello, M. N. (2019). Micología forense. En M. R. Ayón (Ed.), *Biología Forense* (pp. 80-91). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Tranchida, M. C., Bravo, L. E., Stenglein, S. A. y Cabello, M. N. (2018). Mycobiota associated with human cadavers: first record in Argentina. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 51(2), 39-47. <https://doi.org/10.1080/00085030.2018.1463131>
- Tranchida, M. C., Centeno, N. D. y Cabello, M. N. (2014). Soil fungi: their potential use as a forensic tool. *Journal of Forensic Science*, 59(3), 785-789. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12391>
- Turner-Walker, G. (2019). Light at the end of the tunnels? The origins of microbial bioerosion in T mineralised collagen. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 529, 24-38. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.05.020>
- Turpin, C. (2017). The micro-taphonomy of cold: differential microcracking in response to experimental cold-stresses. *Journal of Forensic Sciences*, 62(5), 1134-1139. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13406>
- Tuthill, D. y Christensen, M. (1986). *Aspergillus sepultus*, a new species in the *Aspergillus ochraceus* group. *Mycologia*, 78(3), 375-477. <https://doi.org/10.2307/3793053>

- Ueland, M., Forbes, S. L. y Stuart, B. H. (2018). Understanding clothed buried remains: the analysis of decomposition fluids and their influence on clothing in model burial environments. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 15(1), 3-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s12024-018-0073-9>
- Ueland, M., Nizio, K. D., Forbes, S. L. y Stuart, B. H. (2015). The interactive effect of the degradation of cotton clothing and decomposition fluid production associated with decaying remains. *Forensic Science International*, 255, 56-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.05.029>
- Ururahy-Rodrigues, A., Rafael, J. A., Wanderley, R. F., Marques, H. y Pujol-Luz, J. R. (2008). *Coprophanaeus lancifer* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Scarabaeidae) activity moves a man-size pig carcass: relevant data for forensic taphonomy. *Forensic Science International*, 182, e-19-e22. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.09.009>
- Urzi, C. y De Leo, F. (2001). Sampling with adhesive tape strips: an easy and rapid method to monitor microbial colonization on monument surfaces. *Journal of Microbiological Methods*, 44, 1-11. [https://doi.org/10.1016/s0167-7012\(00\)00227-x](https://doi.org/10.1016/s0167-7012(00)00227-x)
- Vanin, S. y Huchet, J. B. (2017). Forensic entomology and funerary Archaeoentomology. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 167-186). Chichester, Reino Unido: Wiley.
- Ventura, F., Di Piazza, S., Cecchi, G., Greco, G., Bellini, E. y Zotti, M. (2016). *A microfungial colonisation of a corpse oral cavity*. Comunicación oral. IALM Intersocietal Symposium, P5 Medicine & Justice (Viena, Italia).
- Waltenberger, L. y Schutkoswki, H. (2017). Effects of heat on cut mark characteristics. *Forensic Science International*, 271, 49-58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.12.018>
- Williams, A., Rogers, C. J. y Cassella, J. P. (2019). Why does the UK need a Human Taphonomy Facility? *Forensic Science International*, 296, 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.01.010>
- Wilson, A. S., Janaway, R. C., Holland, A. D., Dosdon, H. I., Baran, E., Pollard, A. M. y Tobin, D. J. (2007). Modelling the buried body environment in upland climes using three contrasting field sites. *Forensic Science International*, 169, 6-18. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.07.023>
- Young, A. (2017). The effects of terrestrial mammalian scavenging and avian scavenging on the body. En E. M. J Schotsmans, N. Márquez-Grant y S. L. Forbes (Ed.), *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment* (pp. 212-234). Chichester, Reino Unido: Wiley.

CAPÍTULO VII

- Yucha, J. M., Pokines, J. T. y Bartelink, E. (2017). A comparative taphonomic analysis of 24 trophy skulls from modern forensic cases. *Journal of Forensic Sciences*, 62(5), 1266-1277. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.13426>
- Zeder, M. A., Lemoine, X. y Payne, S. (2015). A new system for computing long-bone fusion age profiles in *Sus scrofa*. *Journal of Archaeological Science*, 55, 135-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.12.017>

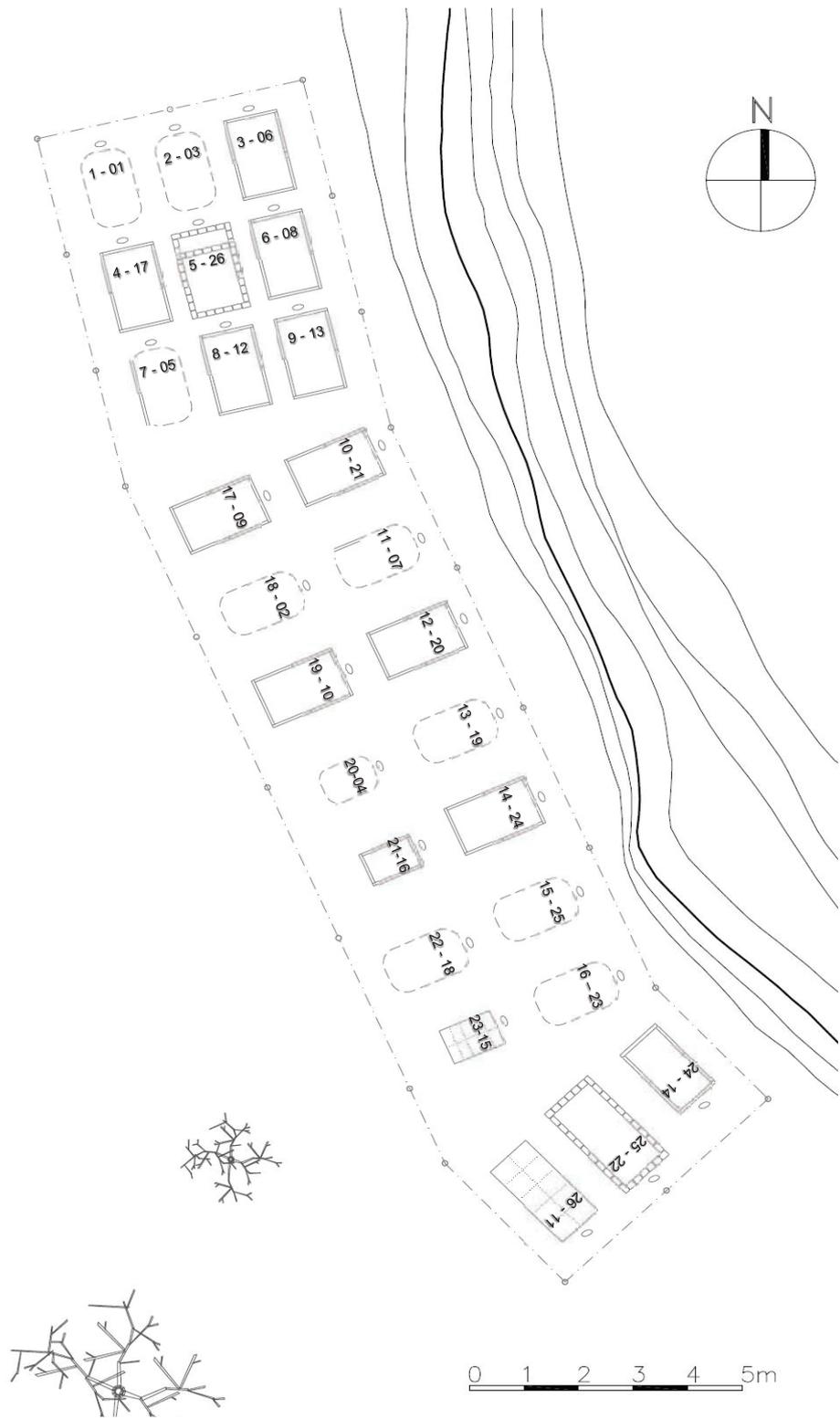
ANEXOS



<p>PROJECTE THAPOS-M</p> <p>Grup de Recerques Terres de Ponent Antropòlegs.Lab Universitat Autònoma de Barcelona Unitat d'Antropologia Biològica Institut d'Estudis Ilerdencs</p>	<p>NUMERO DE REFERÈNCIA DEL DOCUMENT/ 00</p>	<p>NUMERO Pàg. / 01 de 01</p>	<p>NECROPÒLIS -A</p>
<p>OBJECTIUS CIENTÍFICS</p> <p>Autorització d'ús de subproductes animals de CATEGORIA 2 (cadàvers de porcí) amb finalitats de diagnòstic, educació i investigació, en concret per a anàlisi dels efectes Tafonòmics sobre materials ossis faunístics en un espai elaborat de forma experimental que recrea les condicions de dues tipologies feneràries bàsiques, la que permet una descomposició del cos en espai buit, i la que permet una descomposició del cos en espai colmatat.</p>			
<p>THAPOS-M. Direcció del projecte:</p>	<p>RELACIÓ SOCIAL: Grup de Recerques Terres de Ponent C/ Raval de Tàrrega - Sant Martí de Maldà/Riuorb (Urgell).</p>		
<p>LLOC D'ORIGEN/</p> <p>NÚMERO DE REGISTE/ Codi Rega/ES</p> <p>DIRECCIÓ/ CODI POSTAL/</p> <p>DATA DE TRASLLAT/</p>	<p>DADES DEL TRANSPORT/</p> <p>NOM DEL TRANSPORTISTA/ NIF/</p> <p>DIRECCIÓ/ CODI POSTAL/</p> <p>MATRICULA DEL VEHICLE/</p>		
<p>LLOC DE DESTÍ/ Necropòlis A</p> <p>NÚMERO DE REGISTE/ Par. Pol. NIF/</p> <p>DIRECCIÓ/ CODI POSTAL/</p> <p>DATA DE TRASLLAT/</p>	<p>DADES DE LA UTILITZACIÓ/</p> <p>DESCRIPCIÓ DE LA MERCADERIA/ Subproducte CATEGORIA/ 2</p> <p>TIPOLOGIA ANIMAL/ porcí</p> <p>DESTÍ/ Necropòlis THAPOS-m</p> <p>UBICACIÓ/ Sant Martí de Maldà</p> <p>ÚS/ investigació experimental tafonòmica</p> <p>DATA DE TRASLLAT/</p>		
<p>DECLARACIÓ DE COMFORMATAT/ transportista- codirecotor</p> <p>El sota signant declara que la informació descrita és correcta i que s'han adoptat les precaucions necessàries per a evitar riscos per a la salut pública o animal.</p> <p>Sant Martí de Maldà/Riuorb, a ____ de ____ de ____</p> <p>Signatura</p>	<p>DECLARACIÓ DE COMFORMATAT/ receptor -director del projecte</p> <p>El sota signant declara que la informació descrita és correcta i que la descripció de la mercaderia recollida es correspon amb la mercaderia recollida.</p> <p>Sant Martí de Maldà/Riuorb, a ____ de ____ de ____</p> <p>Signatura</p>		

ANEXO I

54



Maria Àngels Gabarra Gou

FITXA DE CAMP 1. INHUMACIÓ DE PORC DOMÈSTIC (SUS SCROFA)

<u>Nom de l'observador:</u>
<u>Data de l'ENTERRAMENT:</u>
<u>Sector de la inhumació:</u>

Grup etari: Juvenil
Adult
Indeterminat

Pes:

Sexe: Mascle
Femella
Indeterminat

Posició del cos: Decúbit lateral D / Decúbit lateral E

Posició de les extremitats superiors:
Posició de les extremitats inferiors:

Dia de la mort:

Causa de la mort:

Medicació administrada:

Lesions superficials: presència / absència

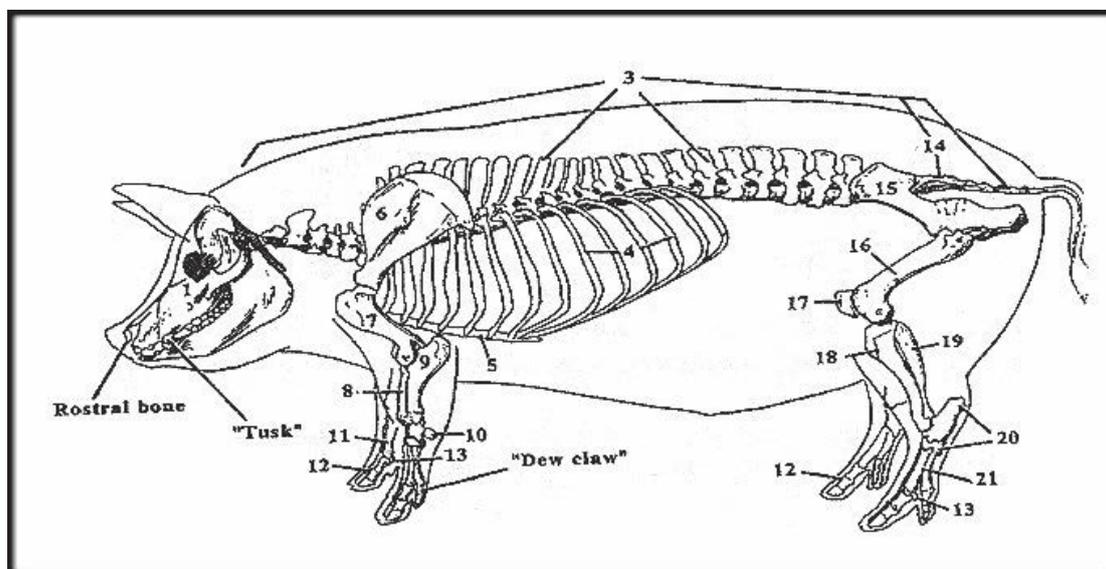
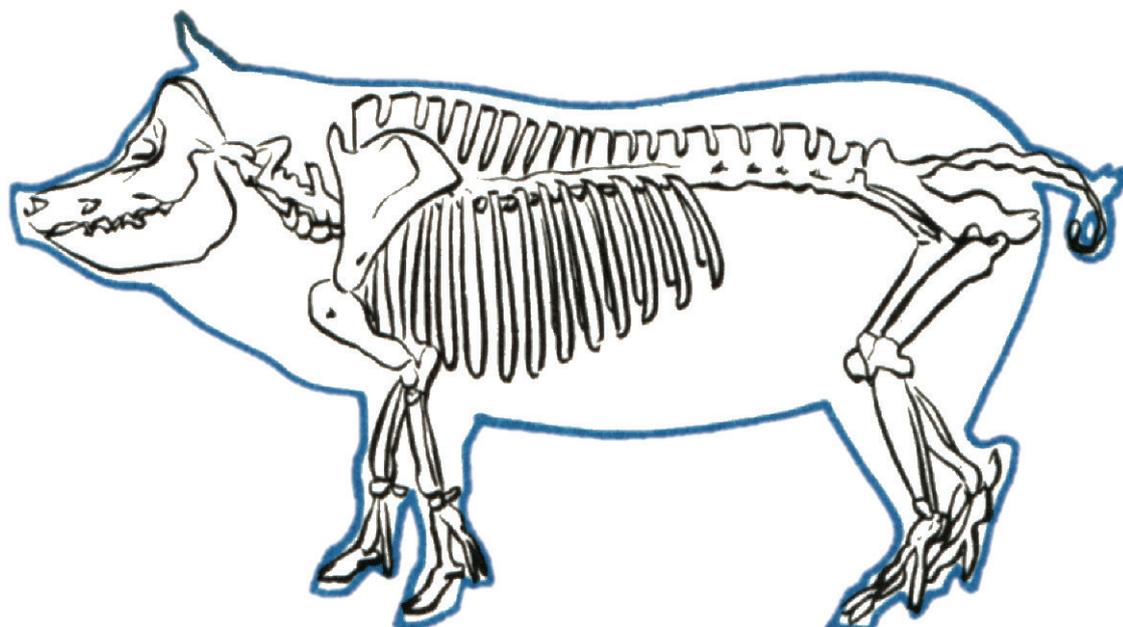
Cap / coll / tòrax / extremitats superiors / abdomen / extremitats inferiors

Profunditat de la tomba:

Estructura funerària: fossa simple / caixa de lloses

Teixit: presència / absència

ANEXO II



OBSERVACIONS:

Examen extern (marques ramaderia, taques descomposició, presència i localització insectes...).

FITXA DE CAMP - VEGETACIÓ + DEPRESSIÓ TERRA EXHUMACIÓ DE PORC DOMÈSTIC (*Sus scrofa domestica*)

Nom de l'observador:

Data:

Ref.	Posició	Tipus	Vegetació	Depressió de terra	Altres
01-01	1	Simple			
02-03	1	Simple			
03-06	1	Encadellat		_____	
04-17	1	Encadellat		_____	
05-26	1	Control		_____	
06-08	1	Encadellat		_____	
07-05	1	Simple			
08-12	1	Encadellat		_____	
09-13	1	Encadellat		_____	
10-21	2	Encadellat		_____	
11-07	2	Simple			
12-20	2	Encadellat		_____	
13-19	2	Simple			
14-24	2	Encadellat		_____	
15-25	2	Simple			
16-23	2	Simple			
17-09	2	Encadellat		_____	
18-02	2	Simple			
19-10	2	Encadellat		_____	
20-04	2	Simple			
21-16	2	Encadellat		_____	
22-18	2	Simple			
23-15	2	Tégula		_____	
24-14	3	Encadellat		_____	
25-22	3	Pedra		_____	
26-11	3	Tégula		_____	

Codi:

Vegetació estructures amb terra: + / ++ / +++

Vegetación estructures sense terra: + / ++ / +++

Depressió de terra: 0 / + / ++ / N.O.

Observacions

Protocolo de actuación para la apertura de las estructuras funerarias
COLMATADAS del proyecto experimental Taphos-m

El Plan de Actuación para la apertura de las estructuras funerarias COLMATADAS que forman el proyecto experimental Taphos-m en Sant Martí de Maldà, deberá incluir los siguientes ítems y quedar registrado en el cuaderno de campo:

- **Examen externo de las estructuras funerarias que forman las instalaciones Taphos-m** (FITXA DE CAMP - VEGETACIÓ I DEPRESSIÓ TERRA): fotografiar y tomar muestras de la vegetación (si aparece). Se realizará un herbario con la vegetación del recinto en diferentes épocas del año para posibles futuros estudios de la vegetación en estructuras funerarias.
2. **Fotografía de la estructura funeraria en concreto antes de su apertura** (testigo métrico).

I. Recogida de los datos de las condiciones ambientales (protocolo Arnaldos et al., 2001):

hábitat general (*agrícola*), localización del cuerpo (*orientación y posición*), condiciones climáticas y temperatura ambiente hacia 1 metro sobre la superficie y temperatura de la superficie del suelo (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA; FITXA DE CAMP - GENERAL).

4. **Apertura de la estructura funeraria.** Se recogerán los distintos datos que se observen durante la excavación (FITXA DE CAMP - GENERAL). Se cribará el sedimento fuera de las instalaciones y se recogerán las muestras de entomología que se encuentren (FITXA DE CAMP - ENTOMOLOGIA).
5. **Recogida de muestras entomológicas (protocolo Saloña et al., 2014):** la toma de muestras tiene que ser homogénea y no limitarla a las zonas donde se observa mayor concentración de insectos (heridas, orificios naturales). La toma de muestras en diferentes regiones corporales tiene que ser identificada e introducida en diferentes botes etiquetados, especificando su procedencia (*fecha, hora, lugar de recogida y detalles del individuo*). Se

recomienda tomar muestras de especies vivas y muertas (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA).

- Los individuos no voladores adultos se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70° y se hará un registro de las muestras tomadas (FITXA DE CAMPO - ENTOMOLOGIA).
- Las larvas se llevarán al laboratorio en frascos que permitan la entrada de oxígeno. Una vez en el laboratorio:
 - Los dípteros se introducirán en agua hirviendo tres minutos y luego se introducirán en frascos de plástico con etanol de 80°.
 - Los coleópteros se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70°.
- Los huevos se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70°.

6. **Recogida de los datos de las condiciones ambientales (protocolo Arnaldos et al., 2001):** temperaturas de la superficie del cuerpo y de la zona de contacto cuerpo-superficie (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA).
7. **Recogida de datos de pH** en tres zonas de la tumba y fuera de las instalaciones (FITXA DE CAMP - GENERAL).
8. **Fotografía del cuerpo una vez realizada la apertura de la tumba** (testigo métrico).
9. **Recogida de muestras entomológicas no voladoras e inmaduras (larvas, huevos) (protocolos Arnaldos et al., 2001; Saloña et al., 2014):** se deben recoger los animales que se vean con facilidad sobre el cadáver (*sobre todo en los orificios nasales, orejas, boca, ojos y zonas de heridas abiertas*) y la estructura que lo acoge (*bordes de la estructura*). La recogida de estas muestras se hará con pinzas, pincel humedecido o con los dedos teniendo máximo cuidado de no tocar ni mover los restos (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA).
10. **Completar FITXA DE CAMP - GENERAL.**
11. **Análisis de los efectos tafonómicos** (FITXA DE CAMP - TAFONOMIA):

Distribución ósea de los elementos anatómicos: sobre el esquema del esqueleto del animal y en la **Tabla I** se detallará el grado de articulación (*articulación estricta, articulación*

A N E X O I I

laxa, desarticulación o desplazamiento) de cada una de las articulaciones. Fotografiar detalles de las articulaciones.

Estado de la superficie cortical de los huesos: detallar en la **Tabla II** la presencia/ausencia de efectos tafonómicos apreciables en la superficie cortical de los huesos, describirlos y fotografiar los detalles.

Fragmentación ósea: detallar en la **Tabla III** la fragmentación observable en los restos, describirla y fotografiar los detalles.

** En el laboratorio se relacionarán los efectos observados en el campo con posibles agentes y procesos tafonómicos.*

- 12. Recogida de muestras de histología** (FITXA DE CAMP - HISTOLOGIA).
- 13. Recogida de muestras de micología** (FITXA DE CAMP - MICOLOGIA).
- 14. Recogida de muestras de tierra** (FITXA DE CAMP - TERRA): se tomarán muestras de las tres zonas de la tumba en las cuales se ha medido el pH y fuera de las instalaciones.
- 15. Fotografía del cuerpo después del análisis y la recogida de muestras** (testigo métrico).
- 16. Cierre de la estructura funeraria** (fotografía de la estructura cerrada).

Protocolo de actuación para la apertura de las estructuras funerarias de espacio VACÍO del proyecto experimental Taphos-m

El Plan de Actuación para la apertura de las estructuras funerarias de espacio VACÍO que forman el proyecto experimental Taphos-m en Sant Martí de Maldà, deberá incluir los siguientes ítems y quedar registrado en el cuaderno de campo:

- 1. Examen externo de las estructuras funerarias que forman las instalaciones Taphos-m (FITXA DE CAMP - VEGETACIÓ I DEPRESSIÓ TERRA):** fotografiar y tomar muestras de la vegetación (si aparece). Se realizará un herbario con la vegetación del recinto en diferentes épocas del año para posibles futuros estudios de la vegetación en estructuras funerarias.
- 2. Fotografía de la estructura funeraria en concreto antes de su apertura** (testigo métrico).
- 3. Recogida de los datos de las condiciones ambientales (protocolo Arnaldos et al., 2001):** hábitat general (*agrícola*), localización del cuerpo (*orientación y posición*), condiciones climáticas y temperatura ambiente hacia 1 metro sobre la superficie y temperatura de la superficie del suelo (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA; FITXA DE CAMP - GENERAL).
- 4. Instalación de una red a modo de tienda de campaña para evitar la pérdida de muestras entomológicas voladoras (protocolo Arnaldos et al., 2001) en el momento de la apertura de las estructuras** (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA).
- 5. Apertura de la estructura funeraria.** Se recogerán los distintos datos que se observen durante la excavación (FITXA DE CAMP - GENERAL). Se cribará el sedimento fuera de las instalaciones y se recogerán las muestras de entomología que se encuentren (FITXA DE CAMP - ENTOMOLOGIA).
- 6. Recogida de muestras entomológicas (protocolo Saloña et al., 2014):** la toma de muestras tiene que ser homogénea y no limitarla a las zonas donde se observa mayor concentración de insectos (heridas, orificios naturales). La toma de muestras en diferentes

regiones corporales tiene que ser identificada e introducida en diferentes botes etiquetados, especificando su procedencia (*fecha, hora, lugar de recogida y detalles del individuo*). Se recomienda tomar muestras de especies vivas y muertas (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA).

7. **Recogida de los datos de las condiciones ambientales (protocolo Arnaldos et al., 2001; Saloña et al., 2014):** los artrópodos voladores recogidos se congelarán (-20°C) durante 30 minutos y se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70°. Se hará un registro (Tabla I) de las muestras tomadas (FITXA DE CAMPO - ENTOMOLOGIA).

8. **Recogida de los datos de las condiciones ambientales (protocolo Arnaldos et al., 2001):** temperaturas de la superficie del cuerpo y de la zona de contacto cuerpo-superficie (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA; FITXA DE CAMP - GENERAL).

9. **Recogida de datos de pH** en tres zonas de la tumba y fuera de las instalaciones (FITXA DE CAMP - GENERAL).

10. **Fotografía del cuerpo una vez realizada la apertura de la tumba** (testigo métrico).

11. **Recogida de muestras entomológicas no voladoras e inmaduras (larvas, huevos) (protocolos Arnaldos et al., 2001; Saloña et al., 2014):** se deben recoger los animales que se vean con facilidad sobre el cadáver (*sobre todo en los orificios nasales, orejas, boca, ojos y zonas de heridas abiertas*) y la estructura que lo acoge (*bordes de la estructura*). La recogida de estas muestras se hará con pinzas, pincel humedecido o con los dedos teniendo máximo cuidado de no tocar ni mover los restos (FITXA DE CAMP - MOSTRAS ENTOMOLOGIA).
 - Los individuos no voladores adultos se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70° y se hará un registro de las muestras tomadas (FITXA DE CAMPO - ENTOMOLOGIA).
 - Las larvas se llevarán al laboratorio en frascos que permitan la entrada de oxígeno. Una vez en el laboratorio:
 - Los dípteros se introducirán en agua hirviendo tres minutos y luego se introducirán en frascos de plástico con etanol de 80°.
 - Los coleópteros se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70°.
 - Los huevos se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70°.

12. Completar FITXA DE CAMP - GENERAL.

13. Análisis de los efectos tafonómicos (FITXA DE CAMP - TAFONOMIA):

Distribución ósea de los elementos anatómicos: sobre el esquema del esqueleto del animal y en la **Tabla I** se detallará el grado de articulación (*articulación estricta, articulación laxa, desarticulación o desplazamiento*) de cada una de las articulaciones. Fotografiar detalles de las articulaciones.

Estado de la superficie cortical de los huesos: detallar en la **Tabla II** la presencia/ausencia de efectos tafonómicos apreciables en la superficie cortical de los huesos, describirlos y fotografiar los detalles.

Fragmentación ósea: detallar en la **Tabla III** la fragmentación observable en los restos, describirla y fotografiar los detalles.

** En el laboratorio se relacionarán los efectos observados en el campo con posibles agentes y procesos tafonómicos.*

14. Recogida de muestras de histología (FITXA DE CAMP - HISTOLOGIA).

15. Recogida de muestras de micología (FITXA DE CAMP - MICOLOGIA).

16. Recogida de muestras de tierra (FITXA DE CAMP - TERRA): se tomarán muestras de las tres zonas de la tumba en las cuales se ha medido el pH y fuera de las instalaciones.

17. Fotografía del cuerpo después del análisis y la recogida de muestras (testigo métrico).

18. Cierre de la estructura funeraria (fotografía de la estructura cerrada).

**PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA RECOGIDA, REGISTRO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS ENTOMOLÓGICAS EN EL PROYECTO
EXPERIMENTAL TAPHOS-M**

I. Material necesario para la recogida de muestras de entomología

- Formulario de toma de muestras (*ficha de campo entomología*).
- Lapicero de grafito.
- Etiquetas de papel para la identificación de las muestras en los tubos correspondientes (medidas 1x2).
- Guantes y mascarillas.
- Red para la recogida de muestras voladoras (cazamariposas).
- Pinzas de plástico.
- Cucharillas desechables para la recogida de muestras (huevos y larvas).
- Pincel fino (núm 2).
- Pala para la recogida de muestras de suelo.
- Bolsas de plástico para la recogida de muestras grandes.
- Tubos Falcon o similares.
- Recipiente con etanol de 70°.
- Recipiente térmico con agua muy caliente (cercana a la ebullición).
- Termómetros de ambiente y de suelo.
- Cámara de fotos y vídeo.

II. Referencia de la estructura funeraria que se va a exhumar

Ref. tumba:

Nombre del observador:

Fecha de la exhumación:

Los restos han estado excavados después de años/meses.

Hora inicio recogida muestras:

Hora fin recogida muestras:

III. Datos *ante mortem* del animal y tipo de enterramiento

- *Grupo etario*: juvenil / adulto / indeterminado
- *Sexo*: masculino / femenino / indeterminado
- *Peso*:
- *Tipo de tumba*: fosa simple / *tégula* / caja teja / caja piedra / control
- *Textil* presencia / ausencia
- *Posición del cuerpo*: decúbito lateral D / decúbito lateral I
- *Lesiones*: presencia / ausencia
- *Conservación según Nociarová et al 2014*:
 - 1 = Esqueletización total
 - 2 = Esqueletización con putrúlagos húmedos
 - 3 = Esqueletización con putrúlagos secos y desecación parcial
 - 4 = Desecación/Momificación
 - 5 = Saponificación con putrúlagos húmedos
- *Conservación según Mueller 1940 (estructuras con tierra)*:
 - 2-4 años: formación de una capa de hongo
 - 3-4 años: desaparición de partes blandas
 - > 5 años: desaparición de cartílagos y ligamentos
 - 5-10 años: desaparición de la grasa
 - 10-15 años: inicio de degradación del hueso
 - > 50 años: hueso poroso

IV. Recogida de los datos de las condiciones ambientales (**datos que se tomarán una vez el cuerpo sea expuesto*)

- *Hábitat general*: agrícola
- *Localización del cuerpo (orientación)*: 1 / 2 / 3
- *Localización del cuerpo (posición)**:

- *Condiciones climáticas:*
lluvioso/tempestuoso/soleado/ventoso/cálido/húmedo/otros
- *Condiciones climáticas (días anteriores):*
lluvioso/tempestuoso/soleado/ventoso/cálido/húmedo/otros
- *Temperaturas (°C):*
Ambiente a 1m de la superficie:
Superficie del suelo:
Superficie del cuerpo:*
Zona contacto cuerpo-suelo:*

V. Apertura de la estructura funeraria y recogida de las primeras muestras entomológicas

En el caso de las estructuras funerarias **colmatadas**, se retirará la vegetación existente. Después se excavará la estructura de manera homogénea. A medida que se retire sedimento, se cribará fuera de las instalaciones y se recogerán las muestras de entomología que se encuentren.

En el caso de las estructuras de **espacio vacío**, previa abertura de la cubierta de la estructura, se instalará de una red a modo de tienda de campaña para evitar la pérdida de muestras entomológicas voladoras en el momento de la apertura. De esta manera se podrán recoger las muestras entomológicas voladoras.

En ambos casos, la toma de muestras tiene que ser homogénea y no limitarla a las zonas donde se observa mayor concentración de insectos (heridas, orificios naturales).

Durante la recogida de muestras entomológicas no voladoras e inmaduras (larvas, huevos) se deben recoger los que se vean con facilidad sobre el cadáver (*sobre todo en los orificios nasales, orejas, boca, ojos y zonas de heridas abiertas*) y la estructura que lo acoge (*bordes de la estructura*). La recogida de estas muestras se hará con pinzas, pincel humedecido o con los dedos teniendo

máximo cuidado de no tocar ni mover los restos. Se recomienda tomar muestras de especies vivas y muertas.

VI. Conservación de las muestras recogidas

Los artrópodos voladores recogidos se congelarán (-20°C) durante 30 minutos y se introducirán en frascos de plástico (tubos Falcon o similares) con etanol de 70°.

Los individuos no voladores adultos se introducirán en frascos de plástico (tubos Falcon o similares) con etanol de 70° y se hará un registro de las muestras tomadas.

Las larvas se llevarán al laboratorio en frascos (tubos Falcon o similares) que permitan la entrada de oxígeno. Una vez en el laboratorio:

- Los dípteros se introducirán en agua hirviendo tres minutos y luego se introducirán en frascos de plástico con etanol de 80°.
- Los coleópteros se introducirán en frascos de plástico con etanol de 70°.

Los huevos se introducirán en frascos de plástico (tubos Falcon o similares) con etanol de 70°.

VII. Etiquetado de las muestras

La toma de muestras en diferentes regiones corporales tiene que ser identificada e introducida en diferentes botes etiquetados, especificando su procedencia:

Lugar:

Fecha y hora:

Ref. estructura:

Núm de muestra:

Lugar de recogida:

Recolectora:

VIII. Registro de las muestras entomológicas recogidas

Se hará un inventario de muestras recogidas con los datos que proceda y se marcará sobre el esquema del animal las zonas donde se ha realizado cada toma.

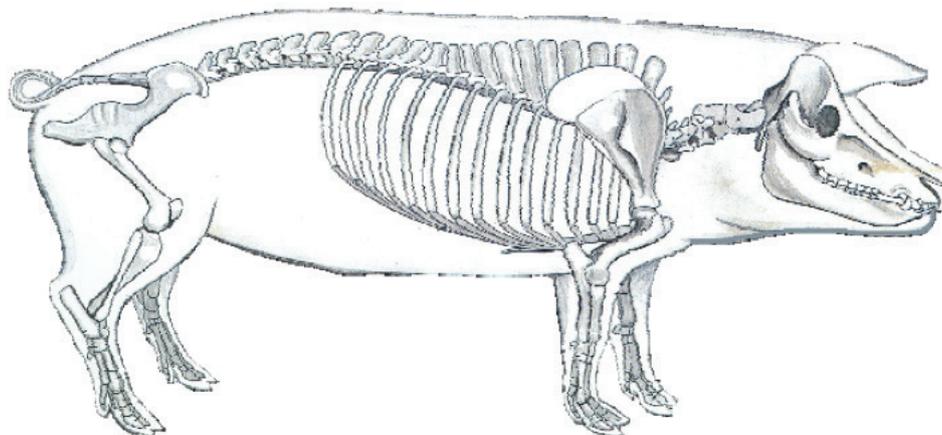


Tabla I. Registro de muestras entomológicas.

Nº	Voladora	No voladora	Inmadura	Viva/muerta	Lugar de recogida	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

**PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA RECOGIDA, REGISTRO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS MICOLÓGICAS EN EL PROYECTO
EXPERIMENTAL TAPHOS-M**

I. Material necesario para la recogida de muestras de micología

- Formulario de toma de muestras (*ficha de campo micología*).
- Lapicero de grafito y rotulador permanente.
- Guantes y mascarillas.
- Placas de contacto: medios RBA y MEA.
- Hisopos.
- Bolsas de plástico para el traslado de las muestras.
- Pala para la obtención de muestras blancas en las fosas simples.
- Cámara de fotos y vídeo.

II. Referencia de la estructura funeraria que se va a exhumar

Ref. tumba:

Nombre del observador:

Fecha de la exhumación:

Los restos han estado excavados después de años/meses.

III. Datos *antemortem* del animal y tipo de enterramiento

- *Grupo etario:* juvenil / adulto / indeterminado
- *Sexo:* masculino / femenino / indeterminado
- *Peso:*
- *Tipo de tumba:* fosa simple / *tégula* / caja teja / caja piedra / control
- *Textil* presencia / ausencia
- *Posición del cuerpo:* decúbito lateral D / decúbito lateral I
- *Lesiones:* presencia / ausencia

A N E X O I I

- *Conservación según Nociarová et al 2014:*
 - 1 = Esqueletización total
 - 2 = Esqueletización con putrúlagu húmedo
 - 3 = Esqueletización con putrúlagu seco y desecación parcial
 - 4 = Desecación/Momificación
 - 5 = Saponificación con putrúlagu húmedo
- *Conservación según Mueller 1940 (estructuras con tierra):*
 - 2-4 años: formación de una capa de hongo
 - 3-4 años: desaparición de partes blandas
 - > 5 años: desaparición de cartílagos y ligamentos
 - 5-10 años: desaparición de la grasa
 - 10-15 años: inicio de degradación del hueso
 - > 50 años: hueso poroso

IV. Recogida de los datos de las condiciones ambientales (**datos que se tomarán una vez el cuerpo sea expuesto*)

- *Hábitat general:* agrícola
- *Localización del cuerpo (orientación):* 1 / 2 / 3
- *Localización del cuerpo (posición)*:*
- *Condiciones climáticas:*
 - lluvioso/tempestuoso/soleado/ventoso/cálido/húmedo/otros
- *Condiciones climáticas (días anteriores):*
 - lluvioso/tempestuoso/soleado/ventoso/cálido/húmedo/otros
- *Temperaturas (°C):*
 - Ambiente a 1m de la superficie:*
 - Superficie del suelo:*
 - Superficie del cuerpo*:*
 - Zona contacto cuerpo-suelo*:*

V. Apertura de la estructura funeraria y recogida de las primeras muestras micológicas

La apertura de las estructuras funerarias se hará con las metodologías adecuadas para cada caso. Las muestras micológicas se han de recoger lo antes posible, una vez abierta la estructura para evitar al máximo la posible contaminación ambiental. Para la obtención de las muestras micológicas se utilizarán dos procedimientos:

- *Placas de contacto* con medios RBA y MEA. Se utilizarán las placas de contacto para la obtención de las muestras más accesibles (p.e. sobre tejido o hueso).
- *Hisopos*. En el caso de muestras micológicas de acceso más difícil (p.e. orificios, bajo hueso) y para la obtención de las muestras control o blancas se utilizarán los hisopos estériles.

VI. Conservación de las muestras recogidas

Una vez obtenidas las muestras en la *placa de contacto*, esta se cerrará y se guardará en una bolsa para evitar su apertura durante el traslado al laboratorio. En el caso del *hisopo*, una vez obtenida la muestra, se introducirá de nuevo en el recipiente original.

En ambos casos la conservación hasta la llegada al laboratorio se realizará en frío (nevera) para evitar la proliferación excesiva.

VII. Etiquetado de las muestras

La toma de muestras tiene que ser identificada (rotulación en la placa de contacto y rellenar la etiqueta del hisopo), especificando su procedencia:

Lugar:

Fecha y hora:

Ref. estructura:

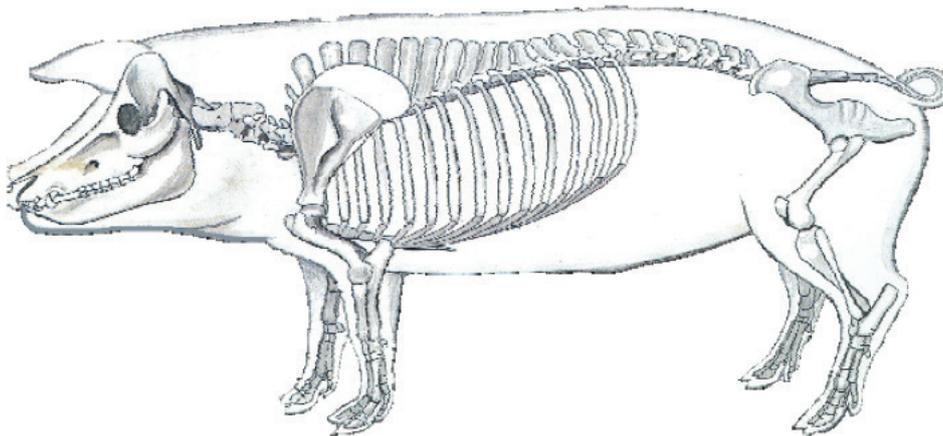
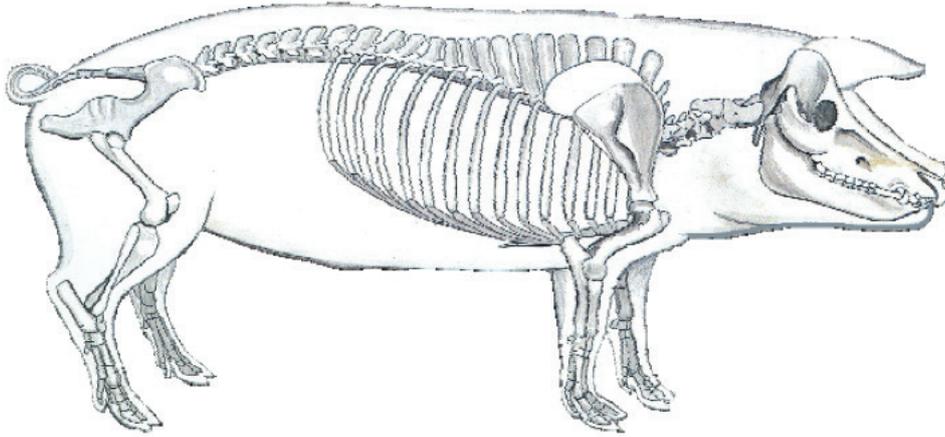
Núm de muestra:

Lugar de recogida:

Recolectora:

VIII. Registro de las muestras micológicas recogidas

Se hará un inventario de muestras recogidas con los datos que proceda y se marcará sobre el esquema del animal las zonas donde se ha realizado cada toma.



Documento de Cadena de Custodia

Referencia de la muestra:

Documentación que se aporta:

Fecha y firma:

Toma de muestra

Identificación de la muestra:

Fecha y hora de la toma:

Persona que la realiza y firma:

Lugar de la toma:

Descripción de la muestra (envasado, identificación, etiquetado, precintado...):

Conservación de la muestra

Lugar de almacenamiento de la muestra hasta su envío al Laboratorio:

Tiempo transcurrido:

Tipo de conservación:

Transporte de la muestra

Fecha y hora del transporte:

Persona que la transporta y firma:

Medio y condiciones de transporte:

Entrada de la muestra al Laboratorio

Fecha y hora de la entrega:

Persona/empresa que realiza la entrega y firma:

Persona que recibe la entrega y firma:

Descripción de la muestra (envasado, identificación, etiquetado, precintado...) al llegar al laboratorio:

Lugar donde se conserva la muestra hasta su análisis:

Tipo de manipulación que se realiza:

Análisis de la muestra

Fecha del análisis:

Persona que realiza el análisis y firma:

Registro de todas las acciones ejercidas sobre la muestra durante el análisis:

Conservación de la muestra después del análisis

Fecha de terminación del análisis:

Lugar y periodo de conservación hasta su eliminación:

Forma y fecha de destrucción o devolución:

Firma:

FITXA DE CAMP EXHUMACIÓ DE PORC DOMÈSTIC (*Sus scrofa domestica*)

Ref. tomba:

Nom de l'observador:

Data de l'exhumació:

Sector de la inhumació: 1 / 2 / 3

Les restes han estat excavades després de anys/mesos.

DADES DE L'ANIMAL I DE L'ENTERRAMENT

- **Grup etari:** juvenil / adult / indeterminat
- **Sexe:** mascle / femella / indeterminat
- **Peso:**
- **Causa de la mort:** pulmó / cor / abdomen / meningitis / crani
- **Lesions:** presència / absència
 - cap / coll / tòrax / ext. superiors / abdomen / ext. inferiors / ferides
- **Dia de la mort:**
- **Data de l'enterrament:**
- **Tipus de tomba:** fossa simple / tégula / encadellat / pedra / control
- **Observacions:** 10 cm sediment base/ cobert de calç / calç / encadellat lateral / res
- **Teixit:** presència / absència
- **Posició del cos:** decúbit lateral D / decúbit lateral E
- **Observacions:**

DADES DURANT L'EXHUMACIÓ

- **Depressió de terra a nivell de l'estructura:** presència / absència
Observacions: primària / secundària
- **Vegetació en l'estructura:** presència / absència
Observacions:
- **Hàbitat general:** agrícola
- **Localització del cos (orientació):** 1 / 2 / 3
- **Localització del cos (posició):** decúbit lateral E
- **Condicions climàtiques:**
 plujós / tempestuós / assolellat / ventós / càlid / humit / altres
- **Condicions climàtiques (dies anteriors):**
 plujós / tempestuós / assolellat / ventós / càlid / humit / altres
- **Temperatures (°C):**
Ambient a 1m de la superfície:
Superfície del sòl:
Superfície del cos:
Zona contacte cos-superfície:
- **Diferent coloració del sediment (fossa simple):** presència / absència
Distància:
Temperatura:
- **Olor:** presència / absència
- **Altres dades:**

DADES DE L'EXHUMACIÓ

- **Posició del cos: decúbit lateral D / decúbit lateral E**

- **Conservació segons Nociarová et al., 2014:**

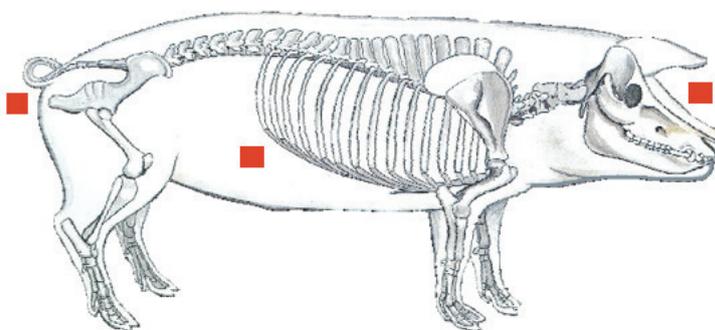
- 1 = Esqueletització total
- 2 = Esqueletització amb putríl·lag humit
- 3 = Esqueletització amb putríl·lag sec i dessecació parcial
- 4 = Dessecació/Momificació
- 5 = Saponificació

- **Conservació segons Mueller 1940 (estructures amb terra):**

- 2-4 anys: formació d'una capa de floridura
- 3-4 anys: desaparició de parts toves
- > 5 anys: desaparició de cartílags i lligaments
- 5-10 anys: desaparició del greix
- 10-15 anys: inici de degradació de l'os
- > 50 anys: os tencadís i porós

- **Dades de pH:**

pH fora recinte =



ENTOMOLOGIA

Hora inici recollida mostres:

Hora fi recollida mostres:

Lloc de recollida de les mostres i inventari:

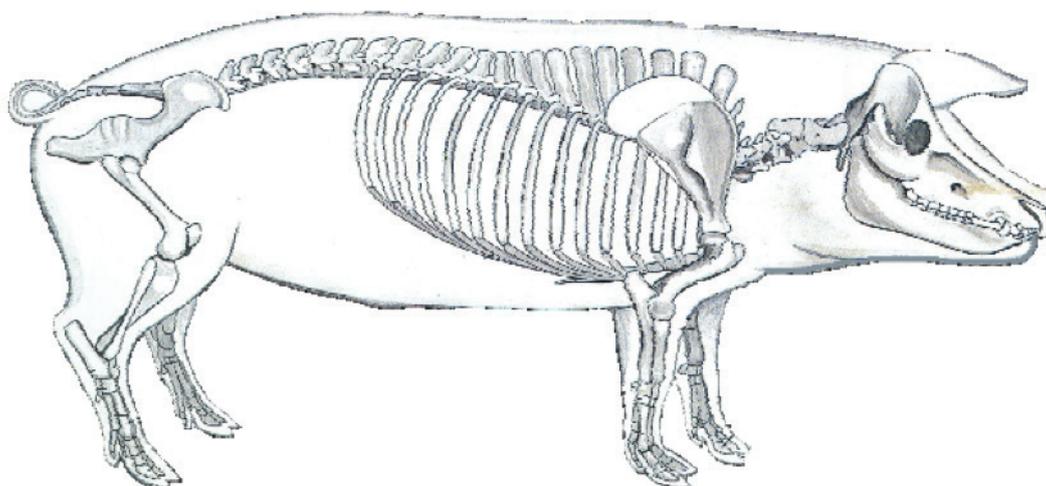


Tabla I. Registre de mostres entomològiques.

Nº	Voladora	No voladora	Immadura	Viva/morta	Lloc de recollida	Observacions
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

TAFONOMIA

1. Distribució esquelètica:

Tabla II. Resum de la distribució esquelètica.

Os	Articulació estricta	Articulació laxa	Desarticulació	Desplaçament	No apreciable
Crani-vert. cervicals					
Columna vertebral					
Vert. lumbar - sacre					
Sacre-ilion					
Sínfisis púbica					
Cua					
En contacte (esquerra)	Escàpula-húmer				
	Húmer-cúbit i radi				
	Cúbit i radi-pota davantera				
	Pota davantera				
	Acetàbulo-fèmur				
	Genoll				
	Tibia i peroné				
	Tibia i peroné-pota posterior				
	Pota posterior				
	Costelles				
Sense contacte (dreta)	Escàpula-húmer				
	Húmer-cúbit i radi				
	Cúbit i radi-pota davantera				
	Pota davantera				
	Acetàbulo-fèmur				
	Genoll				
	Tibia i peroné				
	Tibia i peroné-pota posterior				
	Pota posterior				
	Costelles				

ANEXO II

2. Estat de la superfície cortical

Descripció dels efectes tafonòmics observats en la superfície cortical de les restes.

Tabla III. Presència/absència d'efectes tafonòmics observats en els ossos.

	<i>Fissures</i>	<i>Esquerdes</i>	<i>Erosions</i>	<i>Descamació</i>	<i>Exfoliació</i>	<i>Fongs/Vegetació</i>	<i>Marques de fauna</i>	<i>Taques</i>	<i>Canvis de color</i>
Cap									
Vert. cervicals									
Vert. dorsals									
Vert. lumbar									
Sacre									
Cua									
Costelles D									
Costelles E									
Estèrnum									
Escàpula D									
Escàpula E									
Húmer D									
Húmer E									
Cúbit D									
Cúbit E									
Radi D									
Radi E									
Pota davantera D									
Pota davantera E									
Coxal D									
Coxal E									
Fèmur D									
Fèmur E									
Tíbia D									
Tíbia E									
Peroné D									
Peroné E									
Pota posterior D									
Pota posterior E									

ANEXO II

3. Fragmentació òssia

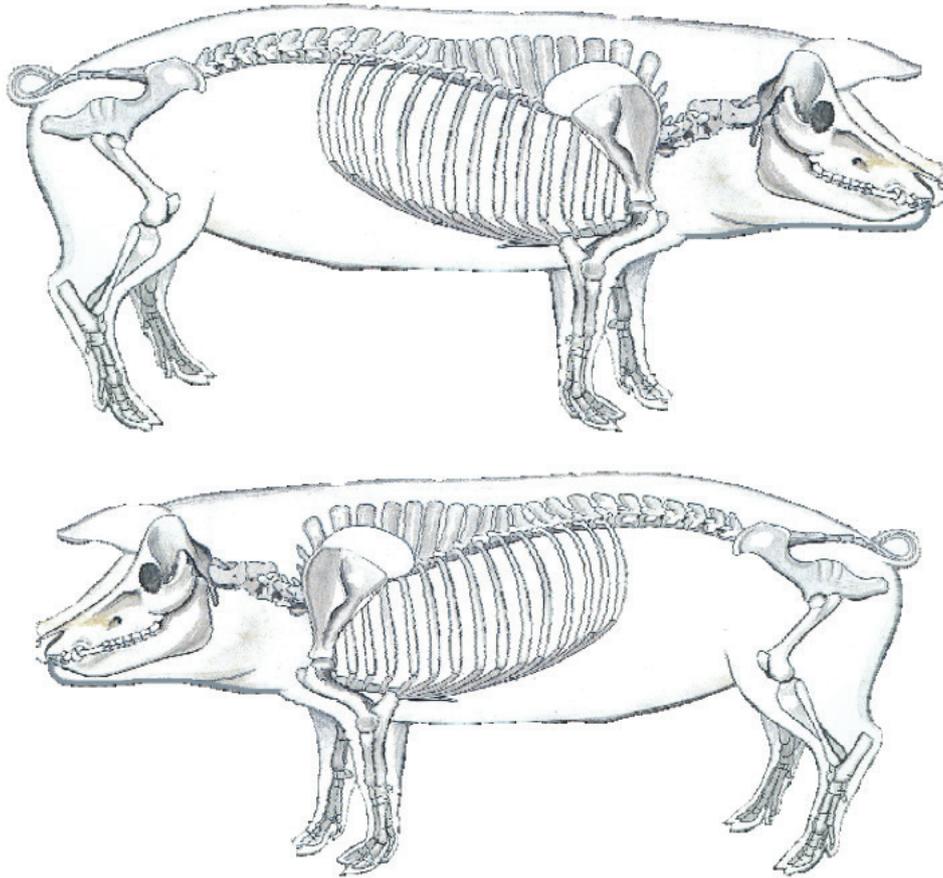
Descripció de la fragmentació òssia observada en la superfície cortical de les restes.

Tabla IV. Presència/absència de fragmentació òssia observada en els ossos.

FORMA	TIPOLOGIA				FRACTURES	
	Netes	Marges delimitats	Reconstrucció fàcil	Irreconeixibles	Peri mortem	Post mortem
Cap						
Vert. cervicals						
Vert. dorsals						
Vert. lumbar						
Sacre						
Cua						
Costelles D						
Costelles E						
Estèrnum						
Escàpula D						
Escàpula E						
Húmer D						
Húmer E						
Cúbit D						
Cúbit E						
Radi D						
Radi E						
Pota davant D						
Pota davant E						
Coxal D						
Coxal E						
Fèmur D						
Fèmur E						
Tíbia D						
Tíbia E						
Peroné D						
Peroné E						
Pota posterior D						
Pota posterior E						

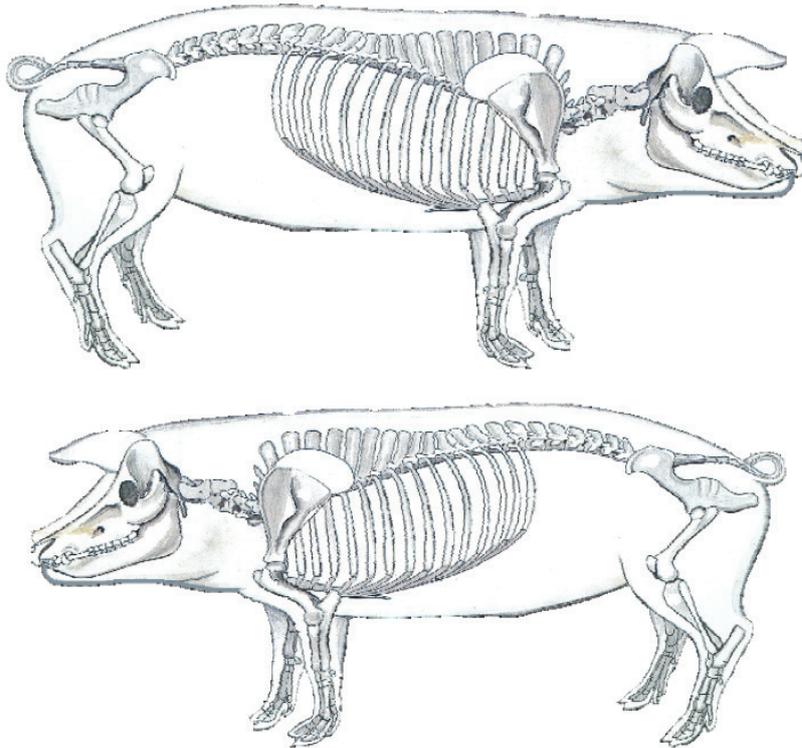
MICOLOGIA

Lloc de recollida de les mostres



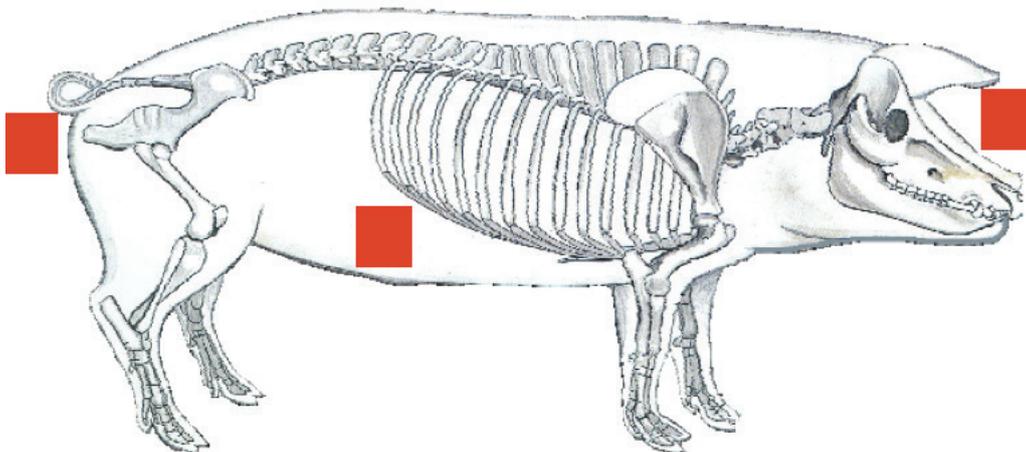
HISTOLOGIA

Lloc de recollida de les mostres

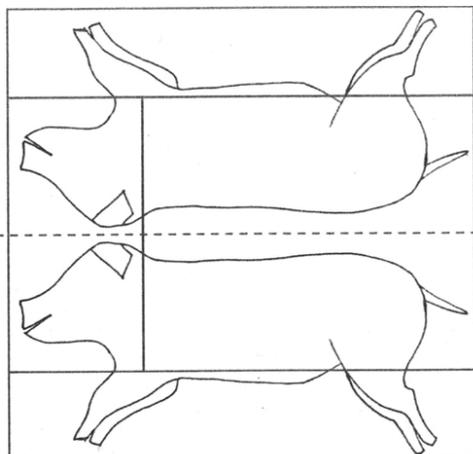


TERRA

Lloc de recollida de les mostres



Bradford score (Schotsmans et al., 2012)



Score	Soft tissue condition
0	Minimal Change: some discolouration and evidence of decomposition on the body
1	Some Change: decomposition is readily visible; the area is only partly intact, still identifiable yet no longer structurally sound
2	Severe Change: the body is no longer intact due to advanced decomposition; adipocere can be present
3	Heavy Change: decomposition advanced to the extent that soft tissue has been lost from the remains

Upper surface	Head	Torso	Extremities	Total
Integument	_____	_____	_____	_____
Fat layers	_____	_____	_____	_____
Muscles	_____	_____	_____	_____
Ligaments	_____	_____	_____	_____
Total	_____	_____	_____	(a) _____

Under surface	Head	Torso	Extremities	Total
Integument	_____	_____	_____	_____
Fat layers	_____	_____	_____	_____
Muscles	_____	_____	_____	_____
Ligaments	_____	_____	_____	_____
Total	_____	_____	_____	(b) _____

Total degradative change = $\frac{[(\text{upper} + \text{under surface}) / \text{total possible score}] \times 100}{[(a + b) / (36+36)] \times 100}$

Tabla Anexo II • Datos recogidos en las fichas *post mortem* de cada animal. *Abreviaturas: IRA = insuficiencia respiratoria aguda; ICA = insuficiencia cardiaca aguda; EN = enfermedad neurológica; SS = shock séptico; Ext. = extremidad; I = izquierda; IPE = intervalo post-enterramiento; AE = articulado estricto; AL = articulado laxo; DA = desarticulado; NO = no observable.*

CÓDIGO	DATOS ANTE MORTEM	ESTACIÓN	ESTRUCTURA FUNERARIA	IPE (AÑOS)	ESTADO CADAVERICO	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ÓSEA GENERAL	MODIFICACIONES SUPERFICIE CORTICAL	FRAGMENTACIÓN ÓSEA	ESTUDIO FAUNA CADAVERICA	ESTUDIO MICOLOGÍA
01-01	Macho no ecológico 6 meses; 60 Kg IRA Medicación base y últimos meses	Otoño	Fosa simple	6	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	No
02-03	Hembra no ecológica 5,5 meses; 100 Kg ICA Medicación base Heridas superficiales y en la cola	Otoño	Fosa simple	4	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	Sí
03-06	Macho no ecológico 6,5 meses; 80 Kg IRA Medicación base	Otoño	Tejas	4	Esqueletización con putrefacción seco y desecación parcial	DA	Sí	No	No	Sí
04-17	Macho ecológico 18 meses; 70 Kg EN No medicado Heridas en la cabeza y en la ext. posterior I.	Invierno	Tejas	5	Esqueletización	AE	Sí	No	No	No
05-26	Macho no ecológico 6,5 meses; 100 Kg SS Medicación base Heridas en la cabeza y en la cola	Primavera	Piedra y cubierta de madera	3	Momificación	AE	Sí	No	Sí	No
06-08	Hembra no ecológica 6,5 meses; 92,5 Kg EN Medicación base Heridas en la cabeza y en la ext. posterior I.	Otoño	Tejas	3	Esqueletización con putrefacción seco y desecación parcial	DA	Sí	No	Sí	Sí

Tabla Anexo II • Continuación.

CÓDIGO	DATOS ANTE MORTEM	ESTACIÓN	ESTRUCTURA FUNERARIA	IPE (AÑOS)	ESTADO CADAVERÍCO	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ÓSEA GENERAL	MODIFICACIONES SUPERFICIE CORTICAL	FRAGMENTACIÓN ÓSEA	ESTUDIO FAUNA CADAVERICA	ESTUDIO MICOLOGÍA
07-05	Macho no ecológico 4,5 meses; 77,5 Kg ICA Medicación base Heridas superficiales	Otoño	Fosa simple reforzada	6	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	Sí
08-12	Macho no ecológico 6,5 meses; 80 Kg EN Medicación base Heridas en la cabeza	Invierno	Tejas	6	Esqueletización con putrilago seco y desecación parcial	DA	Sí	No	No	No
09-13	Macho no ecológico 6,5 meses; 80 Kg EN Medicación base Heridas en la cabeza	Invierno	Tejas con sedimento en la base	6	Esqueletización	AE	Sí	No	No	No
10-21	Macho no ecológico 4,5 meses; 50 Kg ICA Medicación base Heridas superficiales	Invierno	Tejas Cal: cubierto completo	4	Esqueletización con putrilago seco y desecación parcial	DA	Sí	No	No	Sí
11-07	Macho no ecológico 4,5 meses; 62,5 Kg EN Medicación base	Otoño	Fosa simple reforzada	4	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	No
12-20	Hembra no ecológica 4 meses; 32,5 Kg IRA Medicación base y últimos meses	Invierno	Tejas Cal: cubierto completo	4	Esqueletización	DA	Sí	No	No	Sí
13-19	Macho no ecológico 4 meses; 32,5 Kg IRA Medicación base y últimos meses	Invierno	Fosa simple Cal: cubierto completo	4	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	Sí

Tabla Anexo II • Continuación.

CÓDIGO	DATOS ANTE MORTEM	ESTACIÓN	ESTRUCTURA FUNERARIA	IPE (AÑOS)	ESTADO CADAVERICO	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ÓSEA GENERAL	MODIFICACIONES SUPERFICIE CORTICAL	FRAGMENTACIÓN ÓSEA	ESTUDIO FAUNA CADAVERICA	ESTUDIO MICROLOGÍA
14-24	Hembra no ecológica 6 meses; 90 Kg ICA Medicación base Heridas superficiales	Invierno	Tejas Cal: no cubierto completo	5	Esqueletización con putrilago seco y desecación parcial	AE	Sí	No	No	No
15-25	Hembra no ecológica 6,5 meses; 97,5 Kg SS Medicación base	Primavera	Fosa simple Cal: no cubierto completo	5	Esqueletización	AE	Sí	No	No	Sí
16-23	Hembra no ecológica 6 meses; 100 Kg SS Medicación base	Invierno	Fosa simple Cal: no cubierto completo	5	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	No
17-09	Macho no ecológico 6 meses; 55 Kg EN Medicación base Heridas en la cabeza y en la ext. posterior I.	Otoño	Tejas	4	Esqueletización	DA	Sí	No	No	No
18-02	Macho no ecológico 2 meses; 30 Kg EN Medicación base y últimos meses	Otoño	Fosa simple	4	Esqueletización	AE	Sí	Sí	Sí	Sí
19-10	Macho no ecológico 2,5 meses; 35 Kg SS Medicación base	Invierno	Tejas Envoltura de tela	4	Esqueletización con putrilago seco y desecación parcial	AL	Sí	No	Sí	Sí
20-04	Hembra no ecológica 6 meses; 60 Kg SS Medicación base y últimos meses	Otoño	Fosa simple	6	Esqueletización	AE	Sí	No	No	Sí

Tabla Anexo II • Continuación.

CÓDIGO	DATOS ANTE MORTEM	ESTACIÓN	ESTRUCTURA FUNERARIA	IPE (AÑOS)	ESTADO CADAVERÍCO	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ÓSEA GENERAL	MODIFICACIONES SUPERFICIE CORTICAL	FRAGMENTACIÓN ÓSEA	ESTUDIO FAUNA CADAVERÍCA	ESTUDIO MICOLOGÍA
21-16	Macho no ecológico 3,5 meses; 32,5 Kg IRA Medicación base	Invierno	Tejas Envoltura de tela	5	Esqueletización con putrilago húmedo	AE	Sí	No	No	No
22-18	Hembra no ecológica 4 meses; 50 Kg IRA Medicación base	Invierno	Fosa simple	5	Esqueletización	AE	Sí	Sí	No	No
23-15	Hembra no ecológica 3 meses; 42,5 Kg IRA Medicación base	Invierno	<i>Tegulae</i>	6	Esqueletización	DA	Sí	No	No	No
24-14	Macho ecológico 24 meses; 140 Kg EN No medicado Heridas en la cabeza	Invierno	Tejas	4	Esqueletización con putrilago seco y desecación parcial	DA	Sí	No	No	Sí
25-22	Macho no ecológico 6 meses; 95 Kg SS Medicación base	Invierno	Piedras	6	Esqueletización con putrilago seco y desecación parcial	AE	Sí	No	No	No
26-11	Macho no ecológico 8 meses; 85 Kg IRA Medicación base y últimos meses Herida en la ext. inferior I.	Invierno	<i>Tegulae</i>	6	Esqueletización con putrilago húmedo	AE	Sí	No	No	Sí



ASOCIACIÓN NACIONAL
DE
MÉDICOS FORENSES

REVISTA ESPAÑOLA DE MEDICINA LEGAL

www.elsevier.es/mlegal



ORIGINAL BREVE

Comparación de los efectos tafonómicos observados en dos estructuras funerarias de espacio vacío[☆]



Aida Gutiérrez^a, Dominika Nociarová^{a,b}, Assumpció Malgosa^a y Núria Armentano^{a,b,*}

^a Unitat d'Antropologia Biològica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

^b Antropòlegs.LAB, Barcelona, España

Recibido el 20 de enero de 2016; aceptado el 14 de marzo de 2016

Disponible en Internet el 15 de abril de 2016

PALABRAS CLAVE

Tafonomía;
Antropología forense;
Arqueología;
Estado cadavérico

Resumen

Introducción: La tafonomía ayuda a entender las cuestiones relacionadas con las modificaciones *post mortem* de los restos cadavéricos en los campos de la paleontología, la arqueología y la antropología forense. Por ello, el objetivo principal del proyecto experimental Taphos-m es generar un corpus en tafonomía que permita comprender qué agentes y procesos tafonómicos son los responsables de los efectos observados en diferentes contextos.

Material y métodos: Pasados 3 años y medio desde su inhumación, se ha valorado el estado cadavérico de 2 cuerpos de *Sus scrofa domestica* enterrados en 2 estructuras vacías de características constructivas distintas, así como la distribución espacial que presentaban los elementos anatómicos. En caso de esqueletización, también se describe el estado de la superficie cortical de los huesos y la eventual fragmentación ósea. También se han llevado a cabo analíticas complementarias, como análisis histológico y patológico.

Resultados: Los restos del animal enterrado en la tumba de piedra se encontraron en estado desecado, mientras que los restos inhumados en la tumba de tejas planas estaban prácticamente esqueletizados. Se observaron diferencias en el análisis de los efectos tafonómicos, sobre todo en relación con la distribución espacial de los elementos anatómicos, vinculados con la presencia de sedimento y el estado cadavérico. La lesión que presentaba uno de los animales en la extremidad trasera podría influir en el mantenimiento de la articulación anatómica.

Conclusiones: Los datos meteorológicos del momento de la inhumación y las características de la tumba son variables que determinan la evolución y el estado cadavérico de los restos, pero

[☆] Parte de la información de este manuscrito fue presentada en la VII Reunión de la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense, celebrada el 6 y 7 de noviembre de 2015 en Toledo.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: armentano.nuria@gmail.com (N. Armentano).

no son las únicas, ya que las lesiones pueden suponer diferencias en la distribución espacial de los restos óseos y articulaciones anatómicas.

© 2016 Asociación Nacional de Médicos Forenses. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Taphonomy;
Forensic
anthropology;
Archaeology;
Cadaveric state

The taphonomic effects comparison in two empty space burial structures

Abstract

Introduction: Taphonomy helps to understand the issues related to changes of the cadaveric remains in the frame of palaeontology and archaeology as well as in the frame of forensic anthropology. The first objective of the experimental project Taphos-m was to generate a *corpus* of information on taphonomy to know what taphonomic agents and process could be responsible for the observable effects in field.

Materials and methods: The cadaveric state of *Sus scrofa domestica* remains and the spatial distribution of the anatomical elements has been described. In the case of skeletonization, the state of the cortical surface and fragmentation of the bones was evaluated too. Also the pathological and histological analysis has been observed.

Results: The animal remains buried in the stone tomb were in dried state, while the remains buried in the tile tomb were skeletonized. There were differences in the observable taphonomic effects, particularly in the spatial distribution of the anatomical elements. The lesion in the leg of one animal could be responsible of the maintenance of anatomic articulation.

Conclusions: Meteorological data during inhumation and the tomb characteristics are variables that determine the evolution and condition of the remains, but they are not the only ones: the pathological lesions may involve differences in the spatial distribution of the bones and anatomical articulations.

© 2016 Asociación Nacional de Médicos Forenses. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La tafonomía (del griego *taphos*, «enterramiento», y *nomos*, «ley») se define como el estudio de los procesos químicos, físicos, biológicos y geológicos ocurridos en los cadáveres desde el momento de la muerte hasta su recuperación¹. Por lo tanto, los estudios tafonómicos pretenden ser una fuente de información muy útil para entender los hechos ocurridos y el intervalo *post mortem* en el campo de la medicina y la antropología forense²⁻⁴. Del mismo modo, el análisis de los efectos tafonómicos puede ayudar comprender las prácticas funerarias y el tratamiento de la muerte en las poblaciones antiguas^{5,6}.

Actualmente existen muy pocos estudios en paleontología y antropología que vinculen los efectos tafonómicos observados en el campo con los agentes y procesos conocidos⁷⁻⁹. La descomposición humana ha sido estudiada a partir de limitadas experiencias como la del Forensic Anthropology Center de la Universidad de Tennessee, Knoxville¹⁰. Las dificultades en realizar la experimentación con humanos han potenciado el uso de modelos animales, sobre todo el de la especie *Sus scrofa domestica* (Linnaeus 1758) por su similitud con el cuerpo humano en cantidad de vello, tamaño del torso, flora intestinal, hábitos alimenticios y procesos de descomposición^{11,12}.

En 2011 se inicia el proyecto experimental Taphos-m^{13,14}, basado en el análisis de la descomposición de cerdo

doméstico (*S. scrofa domestica*). Las instalaciones incluyen 26 inhumaciones controladas según el tipo de estructura funeraria, posición y características del cuerpo, datos meteorológicos y elementos que acompañan los restos. El proyecto pretende probar si ejemplares con características similares y enterrados en las mismas condiciones pero en estructuras funerarias distintas (estructuras colmatadas con tierra vs estructuras de espacio vacío), mostrarán diferencias esqueléticas en el momento de la exhumación. A parte de otras diferencias estructurales menores de las tumbas, parece que las principales diferencias deberían darse en relación con las estructuras colmatadas vs las de espacio vacío. En las estructuras colmatadas, los cuerpos están enterrados en contacto directo con el sedimento, por lo que, a medida que se va descomponiendo el tejido blando, la tierra lo va sustituyendo, manteniendo los elementos esqueléticos bien articulados. Las estructuras de espacio vacío, en cambio, contienen los cuerpos sin recubrimiento de sedimento, por lo que, durante la descomposición, los huesos del cuerpo se van desplazando por gravedad a la base de la estructura, perdiendo la conexión anatómica original³.

Tres años y medio después de realizar las inhumaciones en el recinto experimental Taphos-m, se procedió a la apertura de 2 estructuras de espacio vacío (la 5-26 y la 6-08) con el objetivo principal de revisar el estado de los cuerpos y valorar el grado que mantenían sus articulaciones. Con la apertura de estas 2 tumbas se pretendía distinguir si

realmente: a) existen diferencias de conservación y articulación del cuerpo según si el tipo de estructura vacía es más o menos hermética^{3,15}, y b) si la presencia de lesiones afecta a la articulación o desarticulación a nivel de las zonas anatómicas implicadas^{16,17}.

Material y métodos

Para realizar este estudio se eligieron 2 tumbas que permitían comparar y evaluar variables muy concretas debido a las características del animal (sexo, peso, causa de la muerte y presencia de heridas) y de la estructura funeraria que les acogía (material) (tabla 1). El animal 5-26 era un individuo joven (6,5 meses) de sexo masculino con alimentación no ecológica. Murió a causa de un shock séptico y en el momento de la inhumación presentaba heridas en la cabeza y la cola. La inhumación se realizó en una estructura vacía con paredes revestidas de piedras, suelo original y cubierta de madera. Por otro lado, el animal 6-08, de la misma edad pero de sexo femenino y con el mismo tipo de alimentación, murió por una lesión neurológica. En este caso, la inhumación se realizó en una estructura vacía revestida en su interior por tejas planas, presentando el animal heridas en la cabeza y en la extremidad trasera izquierda (fig. 1). Las 2 estructuras están orientadas norte-sur y son contiguas, siendo la tumba 6-08 más cercana a la ladera situada al este de las instalaciones. La estructura de piedras con cubierta de madera (5-26) ha sido utilizada a modo de control, para poder comprobar la evolución de los restos durante los años, habiendo sido abierta un número total de 10 veces desde 2012.

El estudio de los restos de las tumbas 5-26 y 6-08 se basó en: a) la descripción del estado cadavérico, y b) el análisis de los efectos tafonómicos observados. Aunque el proceso de descomposición de un cuerpo en la naturaleza es un proceso continuo¹¹, se pueden describir distintos estados cadavéricos⁴. Para el análisis tafonómico se observaron alteraciones macroscópicas que afectan el registro óseo de 3 formas distintas: alteraciones en la distribución o posición original de los elementos esqueléticos (desde articulación estricta hasta desarticulación)^{3,12,15}, cambios a nivel de la superficie cortical del hueso y fragmentación ósea^{12,18}.

Durante la excavación, se tomaron muestras del tejido desecado del animal 5-26 para su análisis histológico. La metodología empleada para el análisis de laboratorio se basó en la hidratación con solución de Sandinson, fijación en formol (10%), secciones en parafina y tinción por hematoxilina-eosina¹⁹. Por último, también se realizó un estudio de las lesiones óseas.

Resultados

Respecto a la tumba 5-26, se pudieron observar agujeros y grietas en su perímetro externo, siendo más llamativos en la zona sur de la tumba correspondiente a la parte caudal del animal. El cuerpo del animal se encontró cubierto parcialmente por sedimento, tierra, grava y piedras de pequeñas dimensiones que se habían filtrado a través de la cubierta, afectando la observación del tercio inferior del cuerpo. Era visible tejido blando desecado que cubría prácticamente todo el cuerpo en exposición (fig. 2a).

Tabla 1 Información de los animales 5-26 y 6-08 obtenida en el momento de las inhumaciones: datos *ante mortem*, datos sobre las estructuras de las inhumaciones y meteorológicos de los enterramientos

Tumba	Datos <i>ante mortem</i> del animal					Datos de estructura			Datos meteorológicos del enterramiento			
	Sexo	Peso (kg)	Edad (meses)	Causa muerte	Heridas	Posición	Alimentación	Profundidad (cm)	Material	Temperatura media (°C)	Precipitaciones medias acumuladas (mm)	Estación del año
5-26	M	100	6,5	Shock séptico	Lesiones superficiales	Decúbito lateral izquierdo	No ecológica	60,5	Piedra y madera	13,1	0	Primavera
6-08	H	92,5	6,5	Lesión neurológica	Lesiones superficiales, lesión craneoencefálica y lesión extremidad inferior izquierda	Decúbito lateral izquierdo	No ecológica	60	Teja plana	3,9	0,4	Otoño



Figura 1 Lesión *ante mortem* del animal 6-08: a) detalle del tercio inferior del cuerpo; el círculo indica la herida que presentaba en la extremidad trasera izquierda en el momento de la inhumación; b) detalle de la lesión.



Figura 2 Estado cadavérico del animal 5-26: a) tejido blando desecado cubriendo la parte del cuerpo en exposición; b) esqueletización de los restos bajo el tejido desecado; c) esqueletización total de las extremidad trasera colmatada por tierra (el círculo indica la presencia de pezuñas), y d) imagen histológica (tinción hematoxilina-eosina; aumento $\times 10$) del tejido momificado en la que se aprecia epidermis queratinizada (1) y dermis (2).



Figura 3 Imagen de los restos óseos del animal 5-26 una vez retirado el tejido desecado que los cubría. Se puede apreciar que en general las articulaciones se mantienen de forma estricta.

Bajo el tejido desecado, los restos se encontraban en fase de reducción esquelética (fig. 2b). Las extremidades traseras, cubiertas por el sedimento filtrado, no se encontraron con tejido desecado sino que se presentaban en fase de reducción esquelética total (fig. 2c). Estas características externas corresponden a un cuerpo en estado cadavérico desecado/momificado. Los análisis de histología confirmaron que el tejido desecado era compatible con piel (fig. 2d).

Los huesos del animal 5-26 presentaron una buena conservación, sin cambios en la superficie cortical, sin fragmentación y sin pérdida de sustancia ósea. Su color era marrón oscuro y tenían el aspecto característico de un esqueleto no adulto (porosidad y estrías del crecimiento). El esqueleto, en general, mantuvo las articulaciones de forma estricta, excepto algunas regiones anatómicas que presentaron una articulación más laxa (fig. 3): las vértebras cervicales no se mantuvieron estrictas, mientras que las vértebras dorsales y lumbares mostraron un alto grado de articulación. Las costillas de ambos lados perdieron su posición anatómica inicial, manteniéndose articuladas de manera laxa (fig. 3). Las epífisis de los huesos largos y los cuerpos de las vértebras no se encontraron fusionados, aunque mantuvieron su posición anatómica (fig. 3). La

extremidad trasera, cubierta por sedimento, mantuvo su posición original de manera estricta (figs. 2c y 3).

La tumba 6-08, en cambio, no mostró grietas externas tan evidentes como la estructura 5-26, a pesar de ser también una estructura no colmatada. El cuerpo del animal se encontró rodeado de una masa de 1 cm de grosor, formado por putrúlagos, barro filtrado y masas puparias. Eran visibles todos los huesos excepto el cráneo, ya que la cabeza se encontró parcialmente momificada (fig. 4a). La extremidad delantera derecha y la zona lumbar también presentaron pequeños restos de tejido blando (fig. 4b), y en las extremidades traseras se conservaron restos de las pezuñas. Los restos de este animal se corresponden con un estado cadavérico que incluye la fase esquelética con parte de momificación de tejidos.

En general, no se apreciaron efectos tafonómicos a nivel externo, presentando los huesos un aspecto más oscuro y textura homogénea, sin alteraciones que deteriorasen la superficie cortical, salvo la porosidad típica de huesos de subadultos. El esqueleto mantenía todas sus articulaciones de forma laxa, siendo la zona lumbar y la extremidad delantera izquierda las únicas regiones anatómicas que mantuvieron sus articulaciones de forma estricta (fig. 5a). La desarticulación más destacable se observó a nivel de la extremidad trasera izquierda (fig. 5b), parte anatómica donde el animal presentaba una herida (fig. 1). Esta lesión de la extremidad izquierda consistía en una proliferación anormal del hueso calcáneo.

Discusión

La ausencia de información y datos sobre el contexto y el ambiente en los estudios de patología y antropología dificulta en algunos casos la interpretación de los efectos tafonómicos observables en los depósitos funerarios^{9,18}. Partiendo de esta problemática, el proyecto experimental Taphos-m pretende aportar datos que ayuden a comprender los efectos tafonómicos observados en un espacio experimental e interpretar las características y las causas del estado cadavérico y la disposición de los enterramientos^{13,14}. El presente estudio aporta los primeros datos del proyecto experimental, basados en la apertura de las estructuras funerarias de espacio vacío 5-26 y 6-08.



Figura 4 Estado cadavérico del animal 6-08: a) esqueletización prácticamente total de los restos y tejido desecado a nivel de cráneo; b) restos de pelo en la zona lumbar (flecha).



Figura 5 Detalles del estado de las articulaciones del animal 6-08: a) articulación estricta de la extremidad delantera izquierda (flecha); b) desarticulación de la extremidad trasera izquierda (flecha).

El cambio y el deterioro que han sufrido las estructuras funerarias que forman el proyecto Taphos-m, desde la finalización de las inhumaciones, ha sido evidente y ha afectado de forma más importante a las estructuras situadas al este, junto a la ladera, ya que el desprendimiento de tierra casi ha borrado su localización. La presencia de tierra en el interior de la tumba de piedra y con cubierta de madera (ind. 5-26) debe relacionarse con las grietas y agujeros que presentó la misma en los límites externos de la zona sur de la tumba, y a que se trata de una estructura cubierta por una tapadera de madera, de material poroso. En este sentido, el deterioro de la tumba 5-26 permitió la entrada de sedimento no original, que probablemente fue penetrando en la estructura de forma lenta durante los 3 años y medio transcurridos desde su clausura. También han podido influir en la entrada de sedimento las numerosas ocasiones en las que se ha abierto la tumba para observar el estado de los restos. Es por ello que la parte sur de la tumba (la zona más agrietada de la superficie) se vio afectada y las extremidades traseras del animal se encontraron cubiertas de este sedimento. Los resultados indican que la estructura de tejas planas (ind. 6-08) fue más resistente a la entrada de sedimento, a pesar de estar más cercana a la montaña, que se fue derrumbando paulatinamente. Aun así, fue evidente la presencia de sedimento no original, fino y homogéneo, cubriendo toda la base interior de la tumba 6-08, pero que permitió observar sin dificultades los restos del animal.

La valoración de los efectos tafonómicos macroscópicos permitió comprobar que los huesos tenían una coloración oscura, propia de los restos de los cuerpos muertos hace menos de 5 años e inhumados en espacios vacíos²⁰. Tratándose de 2 animales jóvenes, las epífisis de los huesos no estaban fusionadas y los huesos mostraron la porosidad y la estriación típica de huesos de individuos subadultos²⁰. En cambio, el estado cadavérico de los restos fue diferente en cada caso: el animal 5-26 se encontró desecado y el 6-08 se encontró en fase de reducción esquelética prácticamente

total⁴. Específicamente, las zonas anatómicas del animal 5-26 en contacto con la base de la tierra estaban totalmente esqueletizadas, al igual que las extremidades traseras, completamente cubiertas por el sedimento filtrado en la tumba posteriormente. En este sentido, parece que la esqueletización avanza más rápido y que la desecación de tejidos no es tan habitual cuando el cuerpo está en contacto directo con el sedimento². Estas diferencias en cuanto a la conservación del cuerpo de cada animal podrían relacionarse, aparte del tipo de estructura que acoge a cada uno, con los fenómenos climatológicos de las fechas de muerte y enterramiento^{21,22} (tabla 1): el enterramiento realizado en primavera con poca humedad y con temperaturas altas (ind. 5-26) parece que ha favorecido la momificación, mientras que el enterramiento de otoño, en condiciones más frías y en estructura hermética —sin circulación de aire— (ind. 6-08), facilitó la esqueletización total del cuerpo. Como ha sido descrito por otros autores^{2,3}, la causa de la muerte y el sexo también pueden influir en el estado cadavérico en que se encuentran los restos, aunque en estos 2 casos presentados aquí no se han valorado. Las futuras aperturas del resto de estructuras funerarias del recinto experimental Taphos-m podrían confirmar o desmentir estas hipótesis.

Los efectos tafonómicos observados se relacionan también con las diferencias a nivel de la distribución espacial de los elementos anatómicos en la tumba^{3,12,15}. El cuerpo del animal 5-26 se mantuvo, en general, articulado de manera estricta; probablemente gracias a la preservación de tejido blando que ayudó en la conservación del mantenimiento anatómico articular. La extremidad trasera, cubierta por sedimento depositado posteriormente, presentó mayor articulación. La conservación diferencial del cuerpo en la zona colmatada de tierra y la no colmatada es evidente, y se relaciona directamente con la presencia o no de sedimento en contacto directo con los restos^{2,15}.

Las articulaciones del animal 6-08 se mantuvieron más laxas, salvo la extremidad trasera izquierda, que, a pesar

de encontrarse en contacto con el sedimento, presentó la mayor desarticulación, sobre todo a nivel de calcáneo y astrágalo. Esta desarticulación se relaciona con la lesión patológica *ante mortem* que presentaba el animal en esa extremidad, sugiriendo que la presencia de una herida en el momento de la inhumación supone un acceso para la fauna cadavérica, agente que evidencia la desarticulación de la extremidad trasera izquierda^{2,16,17}.

Conclusiones

La apertura de 2 estructuras vacías del recinto experimental Taphos-m ha permitido observar que las diferencias a nivel tafonómico entre 2 enterramientos en estructura de espacio vacío están relacionadas tanto con las características biológicas del animal (sexo, edad y causa de la muerte) y los datos meteorológicos, como con las características de la tumba que condicionan la entrada de sedimento y organismos. La presencia de lesiones influye de manera notable en el proceso de descomposición del cuerpo y tienen efecto en el estado de articulación de un cuerpo. Esta experiencia sugiere la gran interrelación de variables que pueden intervenir en el estado cadavérico de unos restos y la importancia de tenerlas presentes a la hora de interpretar el origen y condición de unos restos del ámbito forense.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

A los miembros del Grup de Recerques de les Terres de Ponent y del Institut d'Estudis Ilerdencs por proporcionar el material necesario para este estudio. A los Drs. Ferran Jiménez y Albert Isidro por realizar los análisis de histología y patología ósea, respectivamente.

Bibliografía

1. Efremov JA. Taphonomy: New branch of Paleontology. *Pan-American Geologist*. 1940;74:81–93.
2. Haglund WD, Sorg MH, editores. *Forensic Taphonomy: The Post-mortem Fate of Human Remains*. USA: CRC Press; 1997.
3. Duda H, editor. *The Archaeology of the Dead: Lectures in Archaeoethnology*. Oxford: Oxbow Books; 2009.
4. Nociarová D, Adserias MJ, Armentano N, Galtés I, Malgosa A. Exhumaciones de los restos humanos no reclamados como modelo tafonómico. *Rev Esp Med Legal*. 2014;2:1–5.
5. González M. Análisis de los efectos tafonómicos en los restos óseos humanos de Laguna Tres Reyes 1: la actividad perturbadora de los roedores. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara; 2009.
6. Armentano N, Jordana X, Malgosa A. Estudio tafonómico e interpretación del gesto funerario de los restos óseos de la Cova de Montanissell (Alt Urgell, Lleida). *Trabajos Prehist*. 2014;71:156–72.
7. Johnson E. Current developments in bone technology. En: Schiffer MB, editor. *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 8. Orlando: Academic Press; 1985.
8. Gifford-González D. Bones are not enough: Analogues, knowledge and interpretive strategies in Zooarchaeology. *J Anthropol Archaeol*. 1991;10:215–54.
9. Taphonomy in practice and theory. Lyman RL, editor. *Vertebrate Taphonomy*, Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge: Cambridge University Press; 1994. p. 41–69.
10. The Forensic Anthropology Center. The University of Tennessee, Knoxville [consultado 17 Feb 2016]. Disponible en: <http://fac.utk.edu/>
11. Schoenly KG, Haskell NH, Mills DK, Bieme-Ndi C, Larsen K, Lee Y. Recreating death's acre in the school yard: using pig carcasses as model corpses to teach concepts of forensic entomology & ecological succession. *Am Biol Teach*. 2006;68:402–10.
12. Rogers CJ. Dating death: Forensic taphonomy and the postmortem interval [Doctoral thesis]. University of Wolverhampton; 2010.
13. Armentano N, Nociarová D, Malgosa A. Taphos-m: Taphonomical and Anthropological Project. *Human Osteobiography using *Sus scrofa domestica* model*. *Revista Funeraria*. 2012;109: 58–9.
14. Armentano N, Nociarová D, Torres M, Pedro M, Subirana M, Malgosa A. Taphos-m: Taphonomical and anthropological project. *Human osteo-biography using *Sus scrofa domestica* model*. XVIII Congreso Sociedad Española de Antropología Física «Una mirada al futuro»; 19-21 junio 2013; País Vasco; 2014.
15. Duda H, Courtaud P, Crubezy E, Sellier P, Tillier A. L'anthropologie de terrain: reconnaissance et interprétation des gestes funéraires. *Bull et Mém de la Sco de Anthropol de Paris*. 1990;3-4:29–50.
16. Schmitt A, Cunha E, Pinheiro J, editores. *Forensic Anthropology and Medicine*. New Jersey: Humana Press; 2006.
17. Dix J, Graham M, editores. *Time of Death, Decomposition and Identification: An Atlas*. Boca Raton: CRC Press; 2000.
18. Armentano N, Esteve X, Nociarová D, Malgosa A. Taphonomical study of the anthropological remains from Cova Des Pas (Minorca). *Quat Int*. 2011;275:1–8.
19. Prats-Muñoz G, Malgosa A, Isidro A, Galtés I. Optimizing specimen processing for ancient soft tissue specimens. *Biotech Histochem*. 2015;90:1–10.
20. Los restos óseos. Reverte JM, editor. *Antropología forense*. 2.ª edición. Madrid: Ministerio de Justicia; 1991. p. 73–84.
21. Mann R, Bass W, Meadows L. Time since death and decomposition of the human body: Variables and observations in case and experimental field studies. *J Forensic Sci*. 1990;35:103–11.
22. Shattuck CM. An analysis of decomposition rates on outdoor surface variations in Central Texas [Doctoral thesis]. University of San Marcos; 2009.

Taphos-m, a Taphonomical Research using *Sus scrofa domestica* Model in an Experimental Facility

A. Gutiérrez¹, D. Nociarová^{1,2}, A. Malgosa¹ and N. Armentano^{1,2}

1. Unitat d'Antropologia Biològica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona
2. Antropòlegs.LAB; C/Rosend Arús 46, baixos 1^a, 08014, Barcelona

armentano.nuria@gmail.com

Taphos-m is an experimental archaeology and anthropology project, created in 2011, with the objective of knowing what taphonomic agents and processes could be responsible for the observable effects in the field. The first stage of the project consisted of the burial of 26 domestic pig carcasses under different environmental conditions and burial types; the *antemortem* information about the animals was also compiled. This paper presents the preliminary results obtained during the first three years since the last burial took place. The evolution of the funerary structures was evaluated and four bodies were exhumed. The *antemortem* data and the information obtained from these four exhumations, have helped in understanding of the cadaveric state of the bodies and the anatomical disassociation of bones buried in different types of funerary structures. The preservation and condition of the cortical surface of the bones and the presence or absence of fragmentation were described too. The results presented here allow an understanding of the evolution of the characteristics of the facility and the differences among the pig remains. Opening all funerary structures is considered necessary in order to obtain further conclusions.

Introduction

Archaeology and anthropology are closely related to taphonomy (Greek words, *taphos* for “burial” and *nomos* for “laws”) and provides a theoretical and methodological frame to understand the transition of the biological remains from the moment of the death to their recovery (Efremov 1940). Forensic anthropology, in particular, is associated with the taphonomy of human bones. The archaeological evidence helps to understand the origin and the *postmortem* history of the bones (the modifications and decomposition). In that sense, taphonomic analyses contribute to understand-

Keywords: taphonomy, forensic anthropology, experimental archaeology, decomposition, funerary archaeology

ing of funerary practices and the treatment of the death in ancient as well as recent populations (Kidwell and Behrensmeyer 1988; Lyman 1994; Haglund and Sorg 1997; Komar and Buikstra 2008). In the same way, taphonomic evaluation is essential to understand the context and the PMI of the forensic remains (Haglund and Sorg 1997; Duda 2009; Nociarová *et al.* 2014a, b).

Taphonomy is a young discipline that recently acquires a huge development in archaeology, palaeontology, palaeoanthropology and forensic anthropology (Haglund and Sorg 1997). More recently, a number of research groups and working groups have been created. For example, in 2007 the *RTP Taphonomie* group was founded by the National Centre for Scientific Research (CNRS) in Toulouse (France), with the aim of bringing together researchers and institutions working on taphonomy. In 2009, the International Council for Archaeozoology (ICAZ) approved the creation of the *Taphonomy Working Group* (TWG). The objective is to create an international specific forum in taphonomy, in which researchers can publish new studies, exchange knowledge and experience and encourage better collaboration and interdisciplinary taphonomic research (Marín-Arroyo *et al.* 2012).

However, definitely relevant information of taphonomy resides in the field experimental facilities (Haglund and Sorg 1997). Nowadays, there are research facilities where human decomposition experiments are carried out under controlled situations. The best known is the *Anthropology Research Facility* (ARF) at the University of Tennessee (Knoxville), the first of this kind of facilities (Rodríguez and Bass 1985; Bass 1987; Mann *et al.* 1990; Vass *et al.* 1992), and since then a number of facilities have opened in the US as well as in other countries. In Western Carolina (US), for example, there is another facility interested in taphonomy: FOREST (*Forensic Osteology Research Station*), where fieldwork and laboratory work are combined with entomology sample collection. Recently FOREST has been used for cadaver dog training too. In Europe, experimental facilities for burial of animal carcasses have been created. One of the first and most famous is TRACES (*Taphonomic Research in Anthropology Centre of Experimental Studies*), part of the University of Central Lancashire in the United Kingdom, with the purpose of using animal models to assist in answering certain questions in forensic archaeology, anthropology and ecology. It conducts investigation in forensic entomology, decomposition processes and forensic genetics too (Cross *et al.* 2009).

Also, some knowledge emerges from the studies developed with human remains from *cemeteries* (Rogers 2005; Breitmeier *et al.* 2005; Ferreira and Cunha 2013; Pokines *et al.* 2015; Nociarová 2016). All these studies allow for a better understanding of what happens to human remains during the decomposition process in specific environments (e.g. burials, surface depositions, closed environments in niches, etc.) and in different geographical zones.

In some countries, there are important impediments to develop experimental research using human bodies, because of difficulties to obtain samples, issues of ethics and consent, have suitable facilities available for placement of human remains and their study, and because of the negative public reaction (Mann *et al.* 1990). So, the use of animal models has been found as an alternative. The most used animal model is domestic pig, *Sus scrofa domestica* (Linnaeus 1758), because of the similarity with

the human body in size, quantity of hair, food habits, intestinal flora and process of decomposition (Schoenly *et al.* 2006). Some of the studies are reproduced in research facilities for human decomposition (Shattuck 2009; Roberts and Dabbs 2015), but most of them are executed in fields of universities or private enclosures (Payne 1965; Anderson and Hobischak 2004; Fitzgerald and Oxenham 2009; Rogers 2010; Anderson and Bell 2016).

With few facilities in Europe and none in the Iberian Peninsula, in 2011 the Taphos-m experimental project was born. The main purpose of this research project is to identify the influence of the funerary structures on the carcasses and the disassociation of bones (Armentano *et al.* 2012a; Armentano *et al.* 2014a). The project has the support of the company *Antropòlegs.LAB*, the research group *Grup de Recerques de les Terres de Ponent* and the following institutions, all in Catalonia (Spain): *Institut d'Estudis Ilerdencs* and the *Universitat Autònoma de Barcelona*.

Methods and material

Animal model

The animal model used in Taphos-m is *Sus scrofa domestica*. Information concerning sex, age, weight and size, cause and date of death, date of burial, presence/absence of injuries, veterinarian control and medication, feeding habits (ecological or not), presence/absence of blood on the body surface, previous cleanliness or not, and presence or absence of cadaveric fauna at the moment of burial was recorded (Table 1). With regard to sex distribution, 17 pigs were male and 9 females. Animals were aged between 2 and 24 months old and their weight ranged from 20 to 140 kg. At birth, they were treated against the *Aujeszky* disease. Other medication was provided where necessary to manage other diseases. Two of the specimens had been raised as organic livestock and were not medicated.

Funerary structure	N	Dimensions	Orientation	Other characteristics
Tile tomb	12 (46%)	Length 180 cm Width 120 cm Depth 60 cm	5 N – S 6 E–W 1 NE–SW	3 structures have 10 cm of soil on the base and 3 structures are burials with lime
In soil (simple grave)	10 (38%)	Length 180 cm Width 100 cm Depth 70 cm	3 N–S 7 E–W	2 structures have tile on the left side and 2 structures are burials with lime
<i>Tegulae</i> tomb	2 (8%)	Length 180 cm Width 120 cm Depth 60 cm	1 E–W 1 NE–SW	
Stone tomb	2 (8%)	Length 180 cm Width 120 cm Depth 60 cm	1 N–S 1 NE–SW	

Table 1. Funerary structures reproduced in the Taphos-m facility.

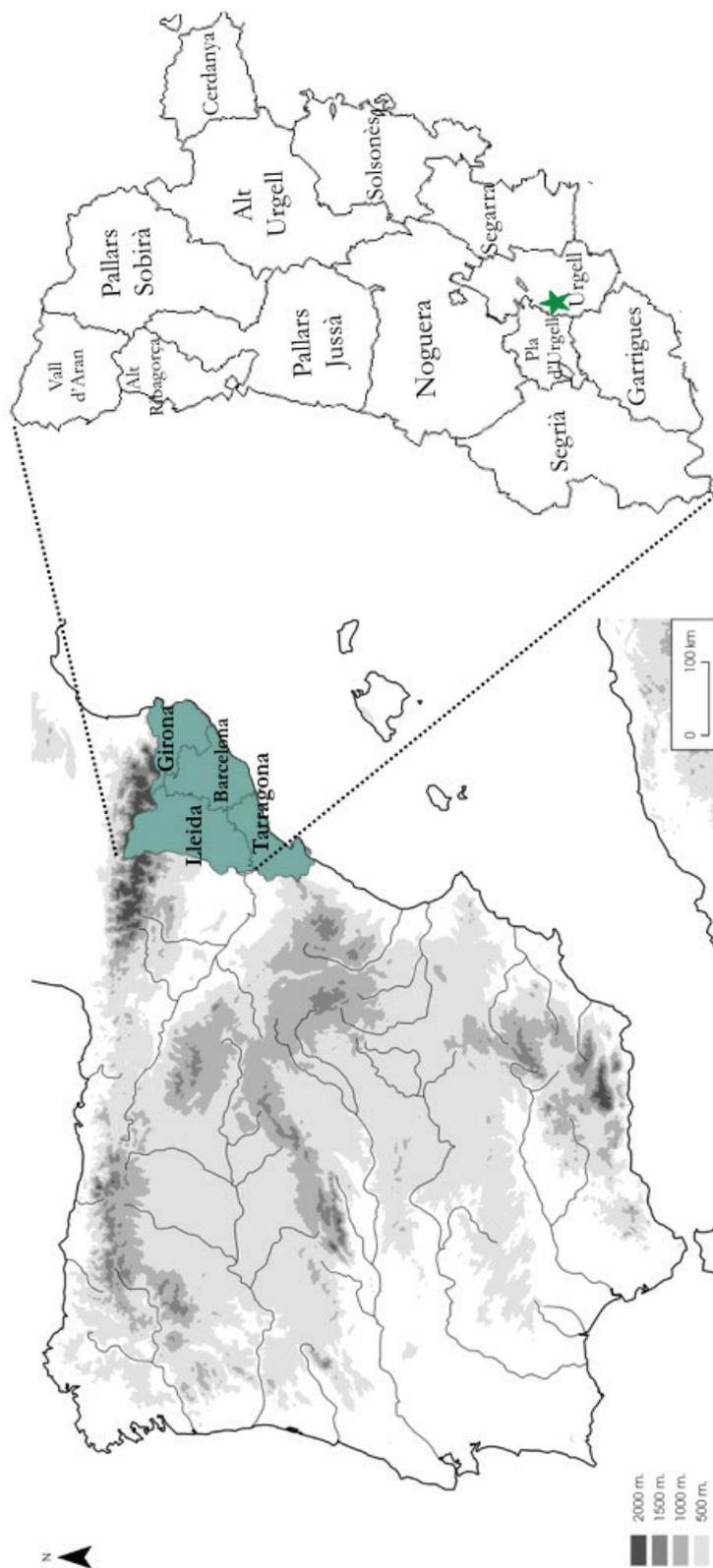


Figure 1. Location and map of Taphos-m facility.

Research site

The Taphos-m facility is located in Sant Martí de Maldà, in Lerida province (Catalonia, Spain) and it comprises an area of 120 m² (Figure 1). It is formed by 26 primary funerary structures distributed in three different orientations: nine structures were oriented North-South, 14 structures were aligned East-West and three other structures had a Northeast-Southwest orientation (Table 1). The funerary were labelled with two numbers: the first one corresponds to the order of the structure (according to their location in the facility) and the second one responds to the chronological order of the burial (e.g. the burial 5-26 corresponds to the pig number 26 that was buried in tomb 5).

Funerary structures and inhumations

The burials reproduce different funerary structures which have been found in the archaeological record (Figure 2). Two groups of funerary structures can be distinguished: (1) grave structures that create an “empty space” or void where there is no



Figure 2. Funerary structures from Taphos-m facility: (a) burial in soil 2-03 (April 2012); (b) tile tomb 17-09 (April 2012); (c) stone tomb 25-22 (March 2012); (d) tegulae tomb 23-15 (January 2012) and (e) stone and wood tomb 5-26 (control) (April 2012).

fill (soil) and the corpse is left decompose not covered by soil; and (2) graves where the corpse is covered by sediment (Table 1). Belonging to the first group are those earth cut graves where the walls are built with stones and/or tiles. The *tegulae* tombs are built in Roman style, located inside a grave and covered with sediment. These construction materials were used to create closed funerary structures, minimized the filtration of the sediment and simulated a coffin or funerary chamber. In the simple earth cut graves, the carcass was placed within the cut and then it was filled and covered with the same soil or sediment.

Burials took place between November 2011 and March 2012. The carcasses were buried 24–48h after death and on their left side. The majority of the animals died in the winter that was characterized by few rainfalls (around 0.07 mm) and temperatures between 2–6 degrees Celsius. The remaining burials were undertaken at the beginning of spring, when rainfalls were approximately 0.45 mm and the maximum temperature increased to 10.5°C. Between burial and exhumation, any kind of manipulation of the remains or the funerary structures was avoided with the exception of case 5–26 which was used as a control; this grave was opened 10 times during three years (Figure 2e).

Excavations and field observations

The site was photographed and recorded throughout the three years. Changes to vegetation within facility and over the burials were also recorded, as well as the presence or absence of any depression or sinking of the grave fill (Dupras *et al.* 2006).

Four funerary structures (from a total of 26) have been opened at the time of this publication. These are 5–26 and 6–08 which were opened in March 2015; and 18–02 and 19–10 opened in March 2016. These were selected due to the physical common characteristics of the animals (age, body size, time since death, medication, feeding...) (Table 2). Three males (boars) and one female (gilt) were therefore exhumed. The animals exhumed in 2015 were older (6.5 months old) compared to those exhumed in 2016 (approximately 2 months old). The cause of death in these animals was septic shock and neurological lesions. Three of the specimens were exhumed from funerary structures (5–26, 6–08 and 19–10) whilst one specimen (18–10) was exhumed from a simple grave (simple grave cut into the earth filled with soil).

After the exhumation, the stage of decomposition and other taphonomic observations were described. The general stage of decomposition was described according to the following stages: (1) total skeletonization, (2) skeletonization with wet putrid matter, (3) skeletonization with dry putrid matter and partial desiccation, (4) mummification, and (5) saponification with wet putrid matter (Nociarová 2016). The analysis of other taphonomic alterations focused primarily on (a) bone anatomical disassociation (Duday *et al.* 1990; Duday 2009; Armentano *et al.* 2014b; Nociarová 2016), (b) preservation of the cortical surface and (c) bone fragmentation (Armentano *et al.* 2012b; Armentano *et al.* 2014b).

Samples and meteorological data

During the exhumations different kind of samples (soil, entomology, mycology and soft tissue for histology) were collected for any animal and burial

Structure	Animal antemortem information						Structure information		Burials meteorology information		
	Sex	Weight (Kg)	Age (months)	Cause of death	Injuries	Diet	Depth (cm)	Material	Temperature (°C)	Precipitations (mm)	Season
5-26	M	100	6.5	Septic shock	Yes	No ecological	60.5	Stone	13.1	0	Spring
6-08	F	92.5	6.5	Neurological lesion	Yes	No ecological	60	Tile	3.9	0.4	Fall
18-02	M	20	2	Neurological lesion	No	No ecological	50.5	Sediment	11.6	0.1	Fall
19-10*	M	35	2.5	Septic shock	No	No ecological	50	Tile	5.5	0	Winter

Table 2. Antemortem information, structure information and burials meteorology information. *The animal 19-10 was cleaned and covered in textile.

Meteorological data was recorded daily by the *Serve Meteorològic de Catalunya* (Meteocat) and facilitated for this study. Climatic data included temperature, humidity, rainfall, solar radiation, air velocity and direction and evapotranspiration.

Health and safety statement

The Taphos-m research has the approval of the *Generalitat de Catalunya* (*Serveis Territorials d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació a Lleida*) with the accession number S25902001. The majority of the pigs (92%) come from the farm industry, which is based on the overexploitation of the animals in modern facilities. The cause of death varied: 38% died due to septic shock produced by different types of infections, 31% as a result of neurological injuries, 15% because of cardiac deficiency and the remaining 15% as a result of respiratory deficiency.

Preliminary results and discussion

In 2015 the first grave openings and assessments of the Taphos-m project were carried out. The photographic record demonstrates the change and deterioration of the structures and the abundance and the type of vegetation that grew over the graves. The funerary structures most affected by the passage of time were those on the eastern side of the facility (Figure 3).

Over the funerary structures that were made of tiles and stones, the vegetation grew around the structures (Figure 4). In the structures in which the body was covered by lime or buried in *tegulae* tombs there was less vegetation growth, volume and colour intensity compared to the simple graves where excessive vegetation and



Figure 3. Panoramic view of Taphos-m facility (a) on March 2013; (b) on March 2016 and (c) on April 2016.

colour intensity was observed (Figure 4). These results are consistent with the abundance of nutrients produced during the decomposition of the carcass (Dupras *et al.* 2006). If the *postmortem* interval was longer, there were difficulties in interpreting the presence and type of burial, as vegetation have become more dense and homogeneous (Figure 3). The observation of foliage and soil changes can also be of importance for forensic investigators and can be used to locate a grave (Rodríguez and Bass 1985).

Generally, depressions of the grave were observed in the simple graves at the grave edges and later in the centre due to decomposition of the carcass (Dupras *et al.* 2006). This depression was at times up to 20 cm deep. In the *tegulae* tombs, where sediment was used to cover the pyramidal structure, depressions were not observed as the tiles first covered the carcass and these were then covered by soil (Figure 5).

Cadaveric state

Four funerary structures with different structural characteristics were analysed (5–26, 6–08, 18–02 and 19–10). The excavation was performed minimum three years after the burials. Tomb 5–26 was used as a control. The burial was covered by wooden boards that weren't hermetic, so the sediment could enter into the grave, particularly covering the posterior limbs. The body was mummified except the posterior limbs (Figure 6a). Funeral structure 6–08 was made by tiles that resulting in a more



Figure 4. Different growth of the vegetation in Taphos-m funerary structures: there was vegetation on the limit of tombs (a) 03-06 (buried in November 2011) and (b) 25-22 (buried in March 2012) in March 2015. In March 2013 (c) there was vegetation within the grave cut and in the fill 11-07 (buried in November 2011) but (d) there was no vegetation in the soil with lime context 13-19 (buried in February 2012). Two years later, in March 2015, (e) there was vegetation in the grave fill 11-07 and (f) in the grave fill with lime 13-19. There was (g) no vegetation in the *tegulae* tomb 26-11 (buried in January 2012) in March 2013 but (h) there was vegetation inside the *tegulae* tomb 26-11 in March 2015.

© Equinox Publishing Ltd. 2017

equinoxonline



Figure 5. Land depressions in burials in soil and in *tegulae* tombs: (a) secondary depression in structure 13–19 on March 2013 (buried in February 2012); (b) primary (arrow) and secondary depression in structure 15–25 on March 2013 (buried in March 2012); (c) secondary depression in structure 20–04 on November 2012 (buried in November 2011) and (d) no land depression in *tegulae* tomb 15–25 on March 2013 (buried in January 2012).

hermetic structure. However, the presence of fine sediment and *puparia* was observed within the structure. The animal remains were skeletonized except the cranium, which was partially mummified (Figure 6b) (Gutiérrez *et al.* 2016).

Remains of pig 18–02, buried in a simple grave were also skeletonized with the exception of some areas of the cranium. In this latter case, dry putrid matter was observed around the bones (Figure 6c). The characteristics of tomb 19–10 were similar to 6–08; however, the environment was less airtight because water had entered and there was also abundant *puparia*. Pig 19–10 was buried wrapped with a cotton sheet with the front and back extremities tied with rope. A *puparia* mass could be observed at the bottom of the tomb and a water channel running along the tile walls and the floor. Water channel resulting from the filtrations from outside of the tomb and provoked lost of textile tissue (cotton sheet) and *puparia* mass on the pig carcass. The textile was had only preserved around the skull and along the vertebral column, in dorsal and lumbar vertebrae. Beneath the textile, desiccated tissue adhered to the bones was still present. The 19–10 remains without textile preservation were skeletonized (Figure 6d).



Figure 6. Cadaveric state of four exhumed animal cadavers: (a) mummification in 5–26 (arrow: the hind legs covered by sediment); (b) skeletonization in 6–08 (arrow: mummification of the head); (c) skeletonization (arrow: partial desiccation) in 18–02 and (d) skeletonization with dry putrid matter in 19–10 (arrows: remains of cotton textile).

Thus, different types of cadaveric state could be observed. Two animal carcasses were found completely skeletonized (6–08 and 18–02), one mostly skeletonized but with dry putrid matter and partial desiccation state (19–10) and one mostly mummified (5–26) (Figure 6). It appeared that the simple grave (18–02) and the funerary structures that created by tiles (6–08 and 19–10) favoured partial or total skeletonization. In these cases, therefore, skeletonization had occurred after 3 years. Other studies have shown that skeletonization can occur at eight months after the burial (Rogers 2010), around 10 or (Shattuck 2009; Payne 1965) 40 days (Fitzgerald and Oxenham 2009) after exposure, and four days underwater (Anderson and Bell 2016). Researchers have found that human skeletonization can be expected two years after the burial (Rodríguez and Bass 1985) and 2.5 years after burial in Spain (Prieto *et al.* 2004). It seems that the results presented here are consistent with the published data. For burial in soil 18–02, we tested the decay law of Mueller (Gisbert-Calabuig 2004); the results indicate that carcass 18–02, buried during 4 years, has according to the Law of Mueller an analogous cadaveric state similar to a human body exhumed after five 5 years of being buried, because of the loss of cartilage and ligaments. However, we must consider that other factors, can influence the rate of decomposition.

It is known that skeletonization advances more rapidly when the body is in direct contact with the sediment (Haglund and Sorg 1997), like in the Taphos-m funeral structure 18–02. But skeletonization was also observed in two “empty space” struc-

tures: perhaps it is the degradation of the textile because of the water (19–10) and trauma (6–08) show to have a significant impact on the rate of decomposition (Haglund and Sorg 1997; Dix and Graham 2000). By contrast, the gaps in the structure and the several openings of the control tomb 5–26, favoured the desiccation of the tissues. In all cases, the skull was desiccated, maybe because of the little fat on this anatomical part.

Seasonal differences must also have had an effect on the decomposition of the remains exhumed at the Taphos-m facility. Pigs buried in the autumn and winter (6–08, 18–02 and 19–10) were skeletonized whilst the pig buried in the spring (5–26), in higher temperatures, was desiccated (Mann *et al.* 1990; Shattuck 2009). The exhumations were undertaken in two different years, but it did not have an effect on the state in which the remains were found.

No noticeable differences were found between the younger (18–02 and 19–10) and the older individuals (6–08 and 5–26). Neither the cause of death nor the presence of injuries produced changes that were enough to significantly affect the general cadaveric state after three years of burial. Therefore, it is not established what is the effect of cause of death and the biological characteristics (age, sex, body size) in the progression of decomposition (Mann *et al.* 1990; Haglund and Sorg 1997; Duda 2009; Cockle and Bell 2015), probably due to the small sample and the time elapsed.

Taphonomic analysis

Differences in the observable taphonomic alterations (bone disassociation, condition of the cortical surface and bone fragmentation) were recorded. In general, all the



Figure 7. Bone articulations of exhumed animal remains: (a) articulation of thoracic and lumbar vertebrae of 5–26 under desiccated tissue; (b) articulation around the trotters of 5–26 under the sediment; (c) articulation in the front leg of 18–02 buried in soil and (d) articulation in lumbar vertebrae before removal of cotton textile of 19–10.

remains were articulated (strict or lax). The best degree of articulation was on pig 5–26 at the thoracic and lumbar vertebrae, beneath the desiccated tissue (Figure 7a) and on the posterior limbs that were covered in soil (Figure 7b). By contrast, significant disarticulation was observed on the left posterior limb of pig 6–08, likely a result of the trauma to the left calcaneus (Figure 8a) (Gutierrez *et al.* 2016).

The remains of pigs 18–02 and 19–10 were also articulated (strict or lax). In specimen 18–02, all bones were articulated except for the right humerus, ulna and radius, which had been disarticulated during the exhumation process (Figure 8b). The right acetabulum and femur were also disarticulated and displaced (Figure 8c).

In addition, the remains of pig 19–10 disarticulation occurred on both the left and right sides (Figure 8d, 8e). The left bones were originally in contact with the base of the tomb, because the animal was buried on its left side. The right bones could have been disarticulated due to the movement of the bones during the decomposition process, as with the others. The cranium and cervical bones were disarticulated too (Figure 8d), like in 6–08. The best articulation was observed beneath the textile at the level of the thoracic and lumbar vertebrae (Figure 7d).



Figure 8. Bone disarticulation or displacement of exhumed animal carcasses: (a) disarticulation on left back extremity of 6-08 because of pathological lesion; (b) disarticulation of right upper limb of 18-02 during excavation; (c) displacement femur and right acetabulum of 18-02; (d) disarticulation and displacement on upper right and left bones of 19-10 and (e) disarticulation and displacement on lower right and left bones of 19-10.

In short, the four carcasses remain were found mainly articulated, probably because the skeleton was covered with desiccated tissue (5–26), wrapped in textile (19–10) or buried in sediment (18–02 and the posterior limb of 5–26). Some specific bone disassociation (disarticulation and displacement) could be observed. During the decomposition, the bones displaced to the base of the structure, losing the original bone anatomical connection (Duday 2009). In 6–08, 18–02 and 19–10 bone disassociation was observed influenced by the original lateral body deposition. In the case of 6–08 where there was a pathological lesion, the disarticulation was probably due to higher insect activity (Mann *et al.* 1990; Cross *et al.* 2009; Gutiérrez *et al.* 2016).

Overall, the bones were well preserved without cortical exfoliation. Bone fragmentation was not observed in any case. The colour of the bones was dark brown due to the impregnation of putrid matter and soil (Figure 6). The 18–02 and 19–10 cases also evidenced stains of different colours probably linked to fungal activity. Future observations will corroborate some statements with regard to the influence of fungi on carcasses to estimate PMI. This kind of study needs to be researched in depth alongside, because botany and mycology could also contribute with important information to clarify legal questions (Carter and Tibbett 2003; Ishii *et al.* 2006; Hawksworth and Wiltshire 2011; Illana-Esteban 2013, Tranchida *et al.* 2014).

Conclusions

From the evolution of the conditions seen in the Taphos-m facility could be observed that more elapsed time passed by from inhumation it is harder to detect the place of inhumations and estimate the dimensions of the structures. The vegetation growth, volume and colour were different according to the graves: in the simple graves where the carcass was in direct contact with the sediment, the vegetation increases and soil depression was deeper. Although the number of exhumations is really low in this paper, it can be stated that in the autumn and winter for our particular study skeletonization occurs more rapidly, while in spring and within a void or grave with an “empty space,” mummification is the most probable state. It seems that skeletonization occurs in both burials in soil as in those which are within structures and airtight. The remains covered by desiccated tissue, textile or sediment were articulated, while the bone disassociation was observed in funerary structures type “empty space,” around pathological lesions and influenced here by the left lateral position in which the specimens were buried.

Acknowledgements

We want to thank the *Grup de Recerques de les Terres de Ponent* and specially M. Torres, for the collaboration in the construction of the facility and the interest and help in the study. We would also like to express our gratitude to the Central Unit of Crime Scene-Forensic Division of *Mossos d'Esquadra* (Catalonian Police), for the photographic record and the material provided for the exhumations.

References

- Anderson, G. S. and L. S. Bell. 2016. "Impact of marine submergence and season on faunal colonization and decomposition of pig carcasses in the Salish Sea." *PLoS ONE* 11(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149107>
- Anderson, G. S. and N. R. Hobischak. 2004. "Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada." *International Journal of Legal Medicine* 118: 206–209. <https://doi.org/10.1007/s00414-004-0447-2>
- Armentano, N., D. Nociarová and A. Malgosa. 2012a. "Taphos-m: Taphonomical and Anthropological Project: Human osteobiography using *Sus scrofa domestica* model." *Rev Funeraria* 109: 58–59.
- Armentano, N., X. Esteve, D. Nociarová and A. Malgosa. 2012b. "Taphonomical Study of the Anthropological Remains from Cova Des Pas (Minorca)". *Quaternary International* 275: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.10.025>
- Armentano, N., D. Nociarová, M. Torres, M. Pedro, M. Subirana and A. Malgosa. 2014a. "Taphos-m: Taphonomical and Anthropological Project. Human osteo-biography using *Sus scrofa domestica* model." *XVIII Congreso Sociedad Española de Antropología Física "Una Mirada al futuro"; 19–21 junio 2013; País Vasco*.
- Armentano, N., X. Jordana and A. Malgosa. 2014b. "Estudio Tafonómico e Interpretación del Gesto Funerario de los Restos Óseos de la Cova de Montanissell (Alt Urgell, Lleida)." *Trabajos de Prehistoria* 71: 156–172. <https://doi.org/10.3989/tp.2014.12130>
- Bass, W. M. 1987. "Forensic anthropology: The American experience." In *Death, Decay and Reconstruction – Approaches to Archaeology and Forensic Science*, by A. Boddington, A. N. Garland and R. C. Janaway, 225–239. Manchester: Manchester University Press.
- Breitmeier, D., U. Graefe-Kirci, K. Albrecht, M. Weber, H. D. Tröger and W. J. Kleemann. 2005. "Evaluation of the correlation between time corpses spent in in-ground graves and findings at exhumation." *Forensic Science International* 154: 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.11.018>
- Carter, D. O. and M. Tibbett. 2003. "Taphonomic Mycota: Fungi with forensic potential." *Journal of Forensic Science* 48(1): 1–4. <https://doi.org/10.1520/jfs2002169>
- Cockle, D. L. and L. S. Bell. 2015. "Human decomposition and the reliability of a 'universal' model for post mortem interval estimations." *Forensic Science International* 253: 135.e1–135.e9. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.05.018>
- Cross, P., T. Simmons, R. Cunliffe and L. Chatfield. 2009. "Establishing a taphonomic research facility in the United Kingdom." *Forensic Science Policy and Management: An International Journal* 1(4): 187–191. <https://doi.org/10.1080/19409041003653095>
- Dix, J. and M. Graham. 2000. *Time of Death, Decomposition and Identification, an Atlas*. Florida: CRC Press.
- Duday, H. 2009. *The Archaeology of the Dead: Lectures in Archaeoethanatology*. Oxford: Oxbow Books.
- Duday, H., P. Courtaud, E. Crubezy, P. Sellier and A. Tillier. 1990. "L'anthropologie de Terrain: Reconnaissance et Interprétation des Gestes Funéraires." *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 3-4: 29–50. <https://doi.org/10.3406/bmsap.1990.1740>
- Dupras, T. L., J. J. Schultz, S. M. Wheeler and L. J. Williams. 2006. *Forensic Recovery of Human Remains: Archaeological Approaches*. USA: CRC Press.
- Efremov, J. A. 1940. "Taphonomy a new branch of paleontology. Izvestiga Akademii Nauk SSSR Leningrad. *Biology Series* 3: 405–413
- Ferreira, M. T. and E. Cunha. 2013. "Can we infer post mortem interval on the basis of decomposition rate? A case from a Portuguese cemetery." *Forensic Science International* 226: 298.e1–298.e6. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.01.006>
- Fitzgerald, C. M. and M. Oxenham. 2009. "Modelling time-since-death in Australian temperate conditions." *Australian Journal of Forensic Science* 41(1): 27–41. <https://doi.org/10.1080/00450610902935981>
- Girbert-Calabuig, J. A. 2004. *Medicina Legal y Toxicología*. Barcelona: Ed. Masson.
- Gutiérrez, A., D. Nociarová, A. Malgosa and N. Armentano. 2016. "Comparación de los Efectos Tafonómicos Observados en dos Estructuras Funerarias de Espacio Vacío." *Revista Espanola de Medicina Legal* 42(3): 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2016.03.002>
- Haglund, W. D. and M. H. Sorg. 1997. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. USA: CRC Press.

- Hawksworth, D. L. and P. E. J. Wiltshire. 2011. "Forensic mycology: The use of fungi in criminal investigations." *Forensic Science International* 206: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.06.012>
- Illana-Esteban C. 2013. "Forensic Mycology." *Bulletin of the Micological Society of Madrid* 37: 229–244.
- Ishii, K., M. Hitosugi, Kido Masahito, T. Yaguchi, K. Nishimura, T. Hosoya and S. Tokudome. 2006. "Analysis of fungi detected in human cadavers." *Legal Medicine* 8: 188–190. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2005.12.006>
- Kidwell, S. M. and A. K. Behrensmeyer. 1988. "Ecological and evolutionary implications of taphonomic processes." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 63(1–3): 1–14. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(88\)90087-9](https://doi.org/10.1016/0031-0182(88)90087-9)
- Komar, D. and J. Buikstra. 2008. *Forensic Anthropology: Contemporary Theory and Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Lyman, R. L. 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139878302>
- Marín-Arroyo, A. B., R. Madgwick, J. P. Brugal and M. Moreno-García. 2012. "New perspectives on taphonomy." *International Journal of Osteoarchaeology* 22: 505–508. <https://doi.org/10.1002/oa.1270>
- Mann, R. W., W. M. Bass and L. Meadows. 1990. "Time since death and decomposition of the human body: Variables and observations in case and experimental field studies." *Journal of Forensic Science* 35(1): 103–111. <https://doi.org/10.1520/jfs12806j>
- Nociarová, D. 2016. "Taphonomical and Anthropological Analysis of Unclaimed Human Remains from Cemetery Context in Barcelona." Unpublished PhD thesis, Autonomys University of Barcelona.
- Nociarová, D., M. J. Adserias, N. Armentano, I. Galtés and A. Malgosa. 2014a. "Exhumaciones de los restos humanos no reclamados como modelo tafonómico." *Revista Española de Medicina Legal* 2: 1–5.
- Nociarová, D., M. J. Adserias, A. Malgosa and Galtés I. 2014b. Where do those remains come from? *Forensic Science International* 245: e18–e24. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.10.006>
- Payne, J. A. 1965. "A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* linnaeus." *Ecology* 46(5): 592–602. <https://doi.org/10.2307/1934999>
- Pokines, J. T., D. P. Zinni and K. Crowley. 2016. "Taphonomic patterning of cemetery remains received at the office of the chief medical examiner, Boston, Massachusetts." *Journal of Forensic Science* 61(S1): S71–S81. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12902>
- Prieto, J. L., C. Magaña and D. H. Ubelaker. 2004. "Interpretation of postmortem change in cadavers in Spain." *Journal of Forensic Science* 49(5) <https://doi.org/10.1520/JFS2003337>
- Roberts, L. G. and G. R. Dabbs. 2015. "A taphonomic study exploring the differences in decomposition rate and manner between frozen and never frozen domestic pigs (*Sus scrofa*)." *Journal of Forensic Science* 60(3): 588–594. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12717>
- Rodriguez, W. C. and W. M. Bass. 1985. "Decomposition of burlled bodies and methods that may aid in their location." *Journal of Forensic Science* 30(3): 836–852. <https://doi.org/10.1520/JFS11017J>
- Rogers, T. L. 2005. "Recognition of cemetery remains in a forensic context." *Journal of Forensic Science* 50(1): 5–11. <https://doi.org/10.1520/jfs2003389>
- Rogers, C. J. 2010. "Dating Death: Forensic Taphonomy and the Postmortem Interval." Unpublished PhD thesis, University of Wolverhampton.
- Schoenly, K. G., N. H. Haskell, D. K. Mills, C. Bieme-Ndi, K. Larsen and Y. Lee. 2006. "Recreating death's acre in the school yard: Using pig carcasses as model corpses to teach concepts of forensic entomology and ecological succession." *The American Biology Teacher* 68: 402–410. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2006\)68\[402:RDAITS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2006)68[402:RDAITS]2.0.CO;2)
- Shattuck, C. 2009. "An Analysis of Decomposition Rates on Outdoor Surface Variation in Central Texas." Unpublished PhD thesis, Texas State University.
- Tranchida, M. C., N. D. Centeno and M. Cabello. 2014. Soil fungi: Their potential use as a forensic tool. *Journal of Forensic Science* 59(3): 785–789. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12391>
- Vass, A. A., W. M. Bass, J. D. Wolt, J. E. Foss and J. T. Ammons. 1992. "Time since death determinations of human cadavers using soil solution." *Journal of Forensic Science* 37(5): 1236–1253. <https://doi.org/10.1520/jfs13311j>

Taphonomy of experimental burials in Taphos-m: the role of fungi

La Tafonomía de los enterramientos experimentales de Taphos-m: el papel de los hongos

Aida Gutiérrez^{a,b}, Laia Guàrdia^c, Dominika Nociarová^{a,b}, Assumpció Malgosa^{a,d}, Núria Armentano^{a,e}

^a Unitat d'Antropologia Biològica. Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona (Spain).

^b NAF, S.C., Sabadell, Barcelona (Spain).

^c Unitat de Botànica-Micologia. Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona (Spain).

^d GREAB Grup de Recerca en Antropologia Biològica. Universitat Autònoma de Barcelona (Spain).

^e Antropòlegs.LAB, Barcelona (Spain).

*Corresponding author: Dra. Assumpció Malgosa. Unitat d'Antropologia Biològica. Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona 08193 Bellaterra - Cerdanyola del Vallés, Barcelona (Spain). Phone: +34 935811860 – Fax: +34 935811321 – E-mail: assumpcio.malgosa@uab.cat

ABSTRACT

Background: Fungal colonies that appear in the decaying remains make it possible to understand the processes after death. There are not many studies about fungi on decaying bodies and it is not known which fungal sampling methods are effective.

Aims: The main objective of this study is to find the best method for sampling fungi in carcasses, prove the effectiveness of this method and identify the fungal colonies in animal carcasses from experimental burials.

Methods: Samples were taken from 13 carcasses of *Sus scrofa domestica* from the experimental project Taphos-m with different materials: spatula, sterile swabs and RODAC contact plates.

Results: RODAC contact plates with the RBA culture medium show higher proliferation of fungal colonies. Thirty genera of fungi were identified in the different substrates (bone, tissue, lime). Most of the fungi genera or groups identified have been described before in the literature, but the type of the sample was not always the same.

Conclusions: Sampling with RODAC contact plates was found to be the most effective method, as it provides a nutritional culture medium to continue the colonial growth. Fungal colonies grew better in RBA culture medium because bacterial growth is inhibited. Most of observed fungi are related to the environment but some of them have been described related to decomposing bodies for the first time.

Keywords

Forensic Mycology • *Fungi RODAC contact plates* • *Sterile swab* • *Carcasses* • *Animal model* • *Experimental burial* • *Taphonomy* • *Anthropology* • *Archaeology*

RESUMEN

Antecedentes: Las colonias fúngicas que aparecen en los cuerpos permiten entender mejor el proceso de la descomposición. Sin embargo, no existen muchos trabajos que estudien la micología de los enterramientos, probablemente porque se desconocen los métodos de muestreo.

Objetivos: El objetivo principal de este estudio es conocer el método de muestreo óptimo, probar su eficacia e identificar las colonias presentes en las carcasas de cerdos enterradas de manera experimental.

Métodos: Las muestras se tomaron de 13 carcasas de *Sus scrofa domestica* enterradas en las instalaciones de Taphos-m utilizando distintos materiales: espátula, hisopos estériles y placas de contacto RODAC.

Resultados: El mayor crecimiento de colonias se observó en las muestras recogidas con las placas de contacto RODAC con medio de cultivo RBA. En total se identificaron 30 géneros de hongos en diferentes sustratos (hueso, tejido y cal). La mayoría de ellos ya habían sido vinculados a cuerpos en descomposición, pero no siempre se encontraron en el mismo sustrato.

Conclusiones: El muestreo con placas de contacto RODAC resultó ser el más efectivo, ya que proporciona un medio de cultivo para que continúe el crecimiento fúngico desde el muestreo. En el medio de cultivo RBA crecieron el mayor número de colonias ya que el crecimiento bacteriano queda inhibido. La mayoría de las colonias identificadas se han relacionado con el ambiente en el cual se muestrearon, pero algunas es la primera vez que se relacionan con cuerpos en descomposición.

Palabras clave

Micología forense • *Hongos* • *Placas de contacto RODAC* • *Hisopos estériles* • *Carcasas* • *Modelo animal* • *Enterramientos experimentales* • *Tafonomía* • *Antropología* • *Arqueología*

Introduction

From death to the recovery of the corpse, a series of processes take place that modify its physical integrity. These processes are the object of Taphonomy studies and the different agents that cause them can be used to reconstruct the taphonomic history of the body [7]. Numerous anthropological studies include some type of taphonomic analysis, but only a few studies manage to interpret the events that the organisms have gone through after death. Therefore, the original state and deposition of the body cannot to be interpreted. More experimentation is probably needed to understand which taphonomic agents cause the effects observed in cadaveric remains and which taphonomic processes have occurred in different contexts. For this reason, in Catalonia (Spain) the Taphos-m experimental project (official number S25902001) was created to study the taphonomic agents and processes responsible for the effects observed in the bodies from different kinds of burials (simple fosses and tombs made by different materials). Domestic pigs (*Sus scrofa domestica* L. 1758) were used as the animal model [7,9,10].

Some of the observed taphonomical effects on corpses are produced by fungi. However, there is not much Forensic Mycology research focused on burials or related to other *post mortem* situations [21,24,25,26]. Consequently, the most usual Mycological studies in Forensic Science are related to intoxication cases due to poisonous mushrooms or hallucinogenic fungi [5,13]. The evolution of sampling and laboratory methodological processes has increased the applications of Forensic Mycology. The quality and quantity of the mycological information that can be obtained from different contexts has also been increased. Nowadays it is possible to know the cause of death, estimate the *post mortem* interval (PMI) and locate a tomb site and/or identify the space where the murder took place by studying the spores on the cadaver, among other things [13,26]. Despite this, fungal evidence is not always collected, maybe due to unfamiliarity with the real information that fungi analysis provides, and/or the inexperience of how to perform it.

There are several methods for obtaining mycological samples from ancient remains: tweezers [27], adhesive tape strips [18,25,28], sterile swabs [2,4,17,18,25,27], spatulas [14,17] or contact plates [17,19]. In order to avoid damaging the remains, sterile swab is the most commonly used sampling method. However, RODAC (Replicate Organism Detection and Counting) contact plates are a non-destructive material that have also been used for sampling of delicate substrates, such as for studying mummies [2,4,17,18,25]. Therefore, we hypothesize that the different sampling methods will be more or less effective depending on the type of samples (specifically on burial corpses), sampling location and time interval between sampling and inoculation.

The aim of this paper is: (i) to evaluate the effectiveness of different sampling methods in cadaveric remains and determine which culture medium is best for sampling fungi, and (ii) to identify the fungal colonies growing on the animal remains from experimental burials of the Taphos-m project.

Methodology

Field methods

For this study, 13 funerary structures of Taphos-m were selected, of which four (carcasses 5, 6, 7 and 8) were burials with lime (Table 1). The fungal samples were collected either from bones or tissue, depending on the cadaveric state of the pig carcasses (Figure 1): skeletonization, mummification, saponification or the intermediate states [16]. In the burials with lime, the samples were also collected from lime plates.

A N E X O III

Tabla 1 • Biological information of the pigs sampled in the study (ante mortem information) and information about the type of the funerary structure. Code Taphos-m = number of structure-burial order. M= male; F= female.

CARCASE NUMBER	CODE TAPHOS-M	ANIMAL ANTE MORTEM INFORMATION						FUNERARY STRUCTURE
		Sex	Weight (kg)	Age (months)	Cause of death	Injures/others	Diet	
1	02-03	F	100	5.5	Cardiac insufficiency	Superficial	No ecological	Fosse
2	03-06	M	80	6.5	Respiratory insufficiency	No	No ecological	Tomb
3	06-08	F	92.5	6.5	Neurological lesion	Superficial + a wound in the posterior left paw	No ecological	Tomb
4	07-05	M	77.5	4.5	Cardiac insufficiency	No	No ecological	Fosse
5	10-21	F	50	4.5	Cardiac insufficiency	Superficial	No ecological	Tomb + lime
6	12-20	F	32.5	4	Respiratory insufficiency	No	No ecological	Tomb + lime
7	13-19	M	32.5	4	Respiratory insufficiency	No	No ecological	Fosse + lime
8	15-25	F	97.5	6.5	Septic shock	Blood mouth	No ecological	Fosse + lime
9	18-02	M	95	2	Neurological lesion	No	No ecological	Fosse
10	19-10	M	100	2.5	Septic shock	No / textile	No ecological	Tomb
11	20-04	F	-	6	Septic shock	No	No ecological	Fosse
12	24-14	M	140	24	Neurological lesion	Superficial	Ecological	Tomb
13	26-11	M	140	8	Respiratory insufficiency	A wound in the posterior left paw	No ecological	<i>Tegulae</i>



Figura 1 • The different cadaveric states described in Taphos-m: (a) skeletonization with partial desiccation, (b) desiccation and (c) total skeletonization

A N E X O I I I

The sampling strategies were carried out in the excavation campaigns between 2015 and 2018 [8,20,22]. Samples were collected during excavation processes and, after sampling and the taphonomical study, the pig carcasses were discarded following governmental law for animal residues. Four sampling strategies and materials were applied in the field (Table 2): a) previously disinfected spatula (2015-2016); b) sterile swabs (2017); c) MEA and RBA RODAC contact plates (2017); and d) BHI, two MEA and RBA RODAC contact plates (2018). In a) only visible fungal colonies were collected in sterile Falcon tubes [8,20] and in b), c) and d) the sampling was systematically performed even when no apparent fungal growth was observed, taking samples from the skull, thorax and hind limbs. All samples were kept between 3-5°C prior to the laboratory procedure [22]. In addition, in the different campaigns, soil samples from fosses and outside facilities were collected as control samples [20,22].

Tabla 2 • Sampling strategies used in Taphos-m funerary structures for mycological study. All contact plates used are RODAC contact plates.

EXCAVATION CAMPAIGN	FUNERARY STRUCTURE CHARACTERISTICS	SAMPLING MATERIAL	SAMPLING SUBSTRATE	CONTROL SAMPLES	LABORATORY PROCEDURE	
2015	Tomb (carcass 3)	Spatula	Dried tissue	No	Optical compound microscope.	
	Fosse (carcass 9)		Bone		Culture medium (MEA and RBA).	
2016	Tomb (carcass 10)	Spatula	Dried tissue	Facility's surrounding	Fungal growth at room temperature.	
	Fosse (carcass 1)		Bone	Fosse wall, sterile swab		
2017	Tomb (carcass 2)	RODAC contact plates + Sterile swabs	Bone + dried tissue	No	Samples with sterile swabs were transferred to culture medium (MEA and RBA).	
	Tomb + lime (carcass 5)		Bone, dried tissue + lime plate	No		
	Tomb + lime (carcass 6)		1 st MEA contact plate	Bone + lime plate	No	Fungal growth at room temperature.
	Fosse + lime (carcass 7)		2 nd RBA contact plate	Bone + lime plate	Fosse wall, sterile swab	
	Fosse + lime (carcass 8)		3 rd Sterile swab	Bone	Fosse wall, sterile swab	
	Tomb (carcass 12)			Bone + dried tissue	No	Optical compound microscope.
	2018		Fosse (carcass 4)	RODAC contact plates	Bone	Fosse wall, sediment
Fosse (carcass 11)		Bone	Fosse wall, sediment			
<i>Tegulae</i> (carcass 13)		4th RBA contact plate	Bone + dried tissue		No	Optical compound microscope.

Laboratory methods

The samples were studied at the Mycology Laboratory of the Unit of Botany of the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). The nutritional media (LIOFILCHEM, Italy) used in this study were Malt Extract Agar (MEA), Rose Bengal Agar with chloramphenicol (RBA) and Brain-Heart Infusion (BHI). The samples obtained with contact plates were kept at room temperature (22-24°C) and the samples obtained with spatulas and sterile swabs were transferred in a biosafety cabinet into Petri dishes with nutritive culture medium (MEA or RBA) and kept under laboratory conditions to allow the development of fungal colonies. In addition, some MEA culture media from carcasses sampled in 2018 were incubated at 35°C to encourage the proliferation of thermophilic fungus. In total, 134 culture media (MEA, RBA or BHI) were created with the samples obtained in 2015-2016 (28 culture media), in 2017 (70 culture media) and in 2018 (36 culture media). Control samples of soils were inoculated or transferred diluted on MEA and RBA plates. The procedure performed to identify soil fungi was the same as that applied for the buried samples. In total, 16 control culture media were collected.

All culture media with fungal colonies were photographed every week for 3 weeks (Figure 2). The growing colonies were transferred to individual plates to isolate each fungal species and microscope preparations were made for the morphological identification of the fungal genera using different dichotomous identification keys [6,23]. The material for the microscope preparations was previously disinfected with alcohol. The observations were made by optical microscopy ZEISS Axio Scope.A1 and digital photographs were taken with Jenoptik ProgRes C3 Captur software.

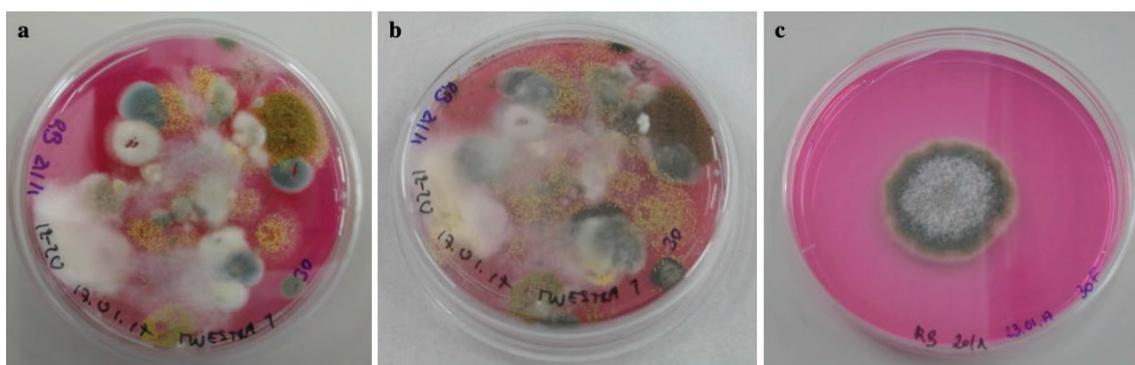


Figura 2 • Example of fungal growth in RBA medium (2017 campaign): (a) fungal growth a week after the sampling, (b) fungal growth two weeks after sampling and (c) fungal growth a week after one of the inoculations in a new RBA medium (three weeks after sampling).

The morphological similarities between genera *Acremonium* and *Fusarium* and *Geotrichum* and *Chrysonilia*, led us to create two groups for this study: *Acremonium* – *Fusarium* and *Geotrichum* – *Chrysonilia*.

Results

The optimal sampling method

Sampling with a spatula was rejected as the best method because it is an invasive method. Therefore, the optimal sampling method would be sterile swabs or RODAC contact plates. In 2017, a total of 70 culture media were obtained: 26 with RODAC contact plates and 44 with sterile swabs. Fungal colonies grew on 24 of the 26 culture media on the contact plates (92.30%): 84.62% in MEA and 100% in RBA. Colonies grew in 33 of the 44 culture media obtained with a sterile swab (75.00%): 86.36% in MEA and 63.64% in RBA. Fungi proliferation in culture media from RODAC contact plates occurred in 3 days, while samples obtained with sterile swabs did not proliferated until 5-7 days after inoculation (Table 3).

Tabla 3 • Growth of colonies sampled in 2017 and 2018 with different methodologies and incubated at room temperature (22-24°C).

2017 CAMPAIGN			
Material	N	Growth % (CI 95%)	Days to growth
RODAC contact plates	26	24/26 92.31% (75.86% - 97.86%)	MEA: 11/13 84.62% (57.77% - 95.67%) RBA: 13/13 100% (77.19% - 100%) 3 days
Sterile swabs	44	33/44 75.00% (60.56% - 85.43%)	MEA: 19/22 86.36% (66.67% - 95.25%) RBA: 14/22 63.64% (42.95% - 80.27%) 5-7 days
2018 CAMPAIGN			
Material	N	Growth % (CI 95%)	Days to growth
RODAC contact plates	27	23/27 85.19% (67.52% - 94.08%)	MEA: 9/9 100% (70.09% - 100%) RBA: 9/9 100% (70.09% - 100%) BHI: 5/9 55.55% (26.67% - 81.12%) 3 days

In 2018, sampling was only performed with RODAC contact plates. A total of 36 culture media (27 culture media incubated at 22-24°C and 9 culture media incubated at 35°C) were obtained from different anatomical parts of the carcasses. Fungal colonies at 22-24°C grew in 23 of the 27 culture media (85.19%): 100% in MEA and RBA and 55.55% in BHI (Table 3). Fungi proliferation also occurred in 3 days. In all MEA culture media incubated at 35°C (9 culture media) there was a positive fungal colony growth (100%). The fastest growth rate (2 days) occurred on MEA culture media from carcass 13. Fungal samples from sterile swabs grew better in MEA culture medium

and fungal samples from RODAC contact plates grew well in both culture media. RBA culture medium was the best because 100% growth was observed. In BHI culture medium only 55.55% growth was observed (Table 3).

Fungi representation

Control soil samples were inoculated in 16 culture media, but only 11 culture media showed fungi growth. The genera identified in the control samples were the following: *Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* and *Rhizopus* (Table 4A).

Tabla 4A • Fungi groups observed in Taphos-m control samples (“X” means presence).

FUNGI GROUP	CONTROL SAMPLES CODES - CARCASS NUMBER					
	Sediment sample	1	4	7	8	11
<i>Absidia</i>			X			
<i>Acremonium-Fusarium</i>	X		X		X	
<i>Aspergillus</i>	X					
<i>Cladosporium</i>			X		X	
<i>Mucor</i>					X	
<i>Penicillium</i>	X					X
<i>Rhizopus</i>	X					X

The pig carcasses presented three different cadaveric states (Table 4B): 7 carcasses were skeletonised, 5 carcasses were skeletonised with dry putrid matter and 1 carcass was skeletonised with humid putrid matter. Therefore, fungal samples were collected from bones as well as mummified and humid tissue. All samples were inoculated in 134 culture media and 30 fungal genera were identified in 112 culture media. Most genera only appeared in one carcass and *Acremonium-Fusarium* (present in 9 carcasses), *Penicillium* (present in 8 carcasses) and *Alternaria*, *Cladosporium* and *Mucor* (present in 7 carcasses) were the most represented groups or genera in pig carcasses (Table 4B). However, *Rhizopus* was the only genre identified in the culture media incubated at a high temperature (35°C).

Fungal samples were obtained from the different substrates but the same fungi genera or groups were repeated in the different substrates. From 30 fungi genera or groups, 26 were identified from bone samples: *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Clonostachys*, *Cunninghamella*, *Cylindrocarpon*, *Doratomyces*, *Emericella*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Geotrichum-Crhysonilia*, *Mucor*, *Myriodontium*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*,

ANEXO III

Tabla 4B • Fungi groups observed in Taphos-m carcasses (“X” means presence). S: skeletonization; SDPM: skeletonization with dry putrid matter; SHPM: skeletonization with humid putrid matter. T: tomb; F: fosse; Te: Tegulae; TL: tomb with lime; FL: fosse with lime.

FUNGI GROUP	CARCASS NUMBER CADAVERIC STATE FUNERARY STRUCTURE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	S	SDPM	SDPM	S	SDPM	S	S	S	S	SDPM	S	SDPM	SHPM
	F	T	T	F	TL	TL	FL	FL	F	T	F	T	Te
<i>Absidia</i>		X		X					X			X	
<i>Acremonium-Fusarium</i>				X	X	X	X	X			X	X	
<i>Alternaria</i>			X	X	X	X	X			X			X
<i>Aspergillus</i>	X	X				X			X	X			
<i>Cephalosporium</i>						X							
<i>Cylindrocarpon</i>											X		
<i>Cladosporium</i>				X		X		X		X	X	X	X
<i>Clonostachys</i>				X									
<i>Cunninghamella</i>				X		X			X		X		X
<i>Doratomyces</i>							X						
<i>Emericella</i>	X	X											
<i>Eurotium</i>										X			
<i>Geomyces</i>													X
<i>Geotrichum-Crhysonilia</i>					X	X	X					X	X
<i>Mortierella</i>										X			
<i>Mucor</i>	X					X	X	X		X		X	X
<i>Myriodontium</i>									X				
<i>Myxotrichum</i>		X											
<i>Paecilomyces</i>						X				X			
<i>Papulaspora</i>							X						
<i>Penicillium</i>				X	X	X			X	X	X	X	X
<i>Pythium</i>	X				X			X					
<i>Rhizopus</i>				X	X	X					X	X	X
<i>Scopulariopsis</i>	X	X	X		X		X			X			
<i>Stachybotrys</i>						X							
<i>Trichoderma</i>											X		X
<i>Trichophyton</i>		X					X						
<i>Ulocladium</i>										X			X
<i>Verticillium</i>											X		X
<i>Zygorhynchus</i>													X

Penicillium, *Pythium*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichophyton*, *Ulocladium*, *Verticillium* and *Zygorhynchus*. The following 16 fungi genera or groups were identified from mummified and humid tissue samples: *Absidia*, *Acremonium-Fusarium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Geomyces*, *Geotrichum-Crhysonilia*, *Mortiriella*, *Mucor*, *Myxotrichum*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis*, *Trichophyton*, *Ulocladium*, *Verticillium* and *Zygorhynchus*. Finally, only 10 fungi genera or groups were identified from the lime plates: *Acremonium-Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Geotrichum-Crhysonilia*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis* and *Trichophyton*.

In relation to the typology of the funerary structure, greater fungal representation was observed in the carcasses in tombs made with tiles and in the *tegulae* tomb than in simple fosses. The highest fungal representation (12 identified genera) was found in tombs made with tiles and with lime (carcass 6) and in the *tegulae* tomb (carcass 13) (Table 4B).

Discussion

Although several procedures were considered effective for sampling at Taphos-m, our results showed that some methods yield better results than others. The sampling system was evaluated throughout the study to establish the optimal method for collecting fungi from the decomposing pig carcass at the Taphos-m experimental project. Sampling with a spatula was rejected because it was considered to be an invasive method. Sampling with sterile swab was considered the easiest and the most convenient sampling method [2,4,17,18,25], especially when the sample area is difficult to access (some control areas in the present study). However, sampling with RODAC contact plates offers a basic culture medium to continue the colonial growth in a similar medium. Therefore, two different strategies were used for the sampling: RODAC contact plates vs sterile swabs. The best results in fungal growth were observed in the samples collected with RODAC contact plates because there was not a break in the nutritional contribution and so the rapid proliferation (in 2-3 days) was not be inhibited or delayed. For these results and also considering the minimal presence of colonies in the control samples, it seems that sampling with RODAC contact plates is the best method for sampling fungal colonies from bodies in different cadaveric states.

Of the culture media used in the present study, the RBA was the culture medium with the best results (100% growth) because there was no bacteria competition as in the MEA culture medium. The fungal colonies in BHI culture medium did not show the expected growth. This could be due to a quick bacterial spread, typical in bodies in decomposition, which could inhibit the fungi proliferation in MEA and BHI media. It must be taken into consideration that not all colonies that grew in the

laboratory could be classified. In some cases, the slow or null growth meant that reproductive structures were not observed and therefore it was impossible to identify the group.

The colonies identified in the control samples are globally distributed and they are related to soils, plants, fertilizers, indoor environments and animals [5,6,23]. In addition, they are described in many studies related to corpses in different cadaveric states buried inside simple fosses [4,15,19,24]. The most repeated genera in control and carcass samples were *Acremonium-Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium* and *Rhizopus*. Considering that the *Acremonium-Fusarium* group consists of two genera of saprophytic fungi, globally distributed and identified in different habitats such as mucous membranes, human hair, clothes, plant remains, cultivated soils and corpses [15,19,24] and in the control samples of this study, it is not surprising that it is also the most represented fungi group in Taphos-m carcasses. *Penicillium* and *Rhizopus* species have been identified in corpses in different cadaveric states (mummies and skeletons), in mucous membranes and organs, in clothing and in soils under corpses [2,4,12,15,18,19,24,25,26], and *Cladosporium* is a saprophytic genus described in soils under corpses [26]. Therefore, their appearance in carcasses was related to the decomposition process.

There were not many differences between the fungi genera or groups on the skeletons and on the carcasses with tissue. In general, the fungal genera identified in the different pig carcasses have also been identified on decaying bodies from another funerary context [2,3,4,5,12,15,18,19,24,25,26,27]. Most of the identified genera appeared in only one of the pig carcasses (Table 4B). For example, *Cephalosporium* and *Clonostachys* are related to humid environments and to different types of soil [27]. Although they have not been described in the control samples, their presence in the carcasses could be related to the environment of the facilities. Other colonies such as *Trichoderma*, *Geomyces* and *Ulocladium* appeared in decaying carcasses because they are genera related to the dermis and they have keratinophilic activity [11]. Only *Rhizopus* was identified in all culture media incubated at high temperatures. Therefore, there were probably two species of *Rhizopus* in Taphos-m burials: a thermophilic genus (identified in carcass 13) and a thermo-tolerant genus (identified in carcasses 4 and 11). The last one could be the same as the one identified in other culture media incubated at room temperature.

Fungal genera or groups identified in lime plates were the same as in the rest of the funerary structures and in other works [3,4,12,15,18,19,24,25,26,27]. Those samples came from lime plates in contact with the body; therefore fungi grow on lime plates because of the contact with organic matter (carcass) in decomposition.

Finally, concerning the rest of the genera, *Cephalosporium*, *Clonostachys*, *Cunninghamella*, *Cylindrocarpon*, *Doratomyces*, *Emericella*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*, *Pythium*, *Stachybotrys*, *Ulocladium* and *Zygorhynchus* have been found for the first time in bone samples and *Absidia*, *Geomyces*, *Myxotrichum*, *Ulocladium* and *Zygorhynchus* have been found for the first time in decayed tissue samples.

Although the sample size is quite small, an interesting number of fungal genera were identified. The results of this study provide new identification data about fungi from bodies buried in a period of more than 3 years in different types of burials and in different cadaveric states. These results indicate that there is no preference for a type of cadaveric state or for a type of burial. Rather, the presence of fungi on the pig carcasses depends on environmental conditions and, if these are favourable, the fungi grow on the bodies because they are an excellent source of organic matter for them [2,6,23,24]. A larger study could provide more information about the relationship between the fungi and the different types of burials. Increasing the sample size would also make it possible to analyse the influence of other variables (sex, age, etc.) on the decomposition of bodies, and, consequently, on the fungi found. Similarly, by improving the culture media, greater fungal growth could be achieved in the laboratory because in the present study the presence of bacteria inhibited the growth of fungi in some plates.

Conclusions

The study of the mycology of the pig carcasses buried experimentally in different funerary structures made it possible to identify different fungi genera that can appear on the cadaveric remains even though the colonies are not visible. Sampling with RODAC contact plates obtains better results than sterile swabs because the media guarantees the continuity of fungal growth in the laboratory. In addition, the fact that there was no break in the fungi cycle could explain the great fungal diversity of the burials of Taphos-m. There are no differences between fungi genera that grow on bodies in different states of decomposition. Some genera identified in Taphos-m had already been identified before in the same substrate (7) or in another one (16), but 15 fungi genera identified in this study had never previously been related to corpses in decomposition. However, it is necessary to study further whether their presence has more to do with the bodies themselves or to do with the environment in which they were buried.

Acknowledgements

We would like to thank Dr. Josep Girbal for his dedication in this study and for the help in the design of sampling strategies. Zoè Rabionet and Rubén Salazar for their contribution to the

field and laboratory work. We would also like to express our gratitude to the Central Unit of Crime Scene-Forensic Division of the Mossos d'Esquadra (Catalonian Police) for the photographic record and the material provided for the exhumations. The project has the support of the Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural of the Generalitat de Catalunya, the research group Grup de Recerques de les Terres de Ponent, the Institut d'Estudis Ilerdencs in Catalonia (Spain) and the AGAUR of Generalitat de Catalunya (2017-SRG-1630).

References

- [1] Armentano N, Nociarová D, Malgosa A. Investigación experimental sobre los efectos de la estructura funeraria en la descomposición de un cuerpo. *Rev Funeraria*. 2012; 109: 58-59.
- [2] Bellini E, Ambrosio E, Di Piazza S, Gabbrielli M, Zotti M, editors. Microfungi on human corpse in the skeletonization stage. Proceedings of the 7th European Academy of Forensic Science Conference; 2015 Sep; Prague, Czech Republic.
- [3] Calduch C, Girbal J, Galtés I, Malgosa A, Gallego MA, Stchigel AM. Massive colonization of human remains by the microscopic fungus *Scopulariopsis brevicaulis* Bainier. *Inter Biodet Biodeg*. 2018; 135: 90-95.
- [4] Cavka M, Glasnovic A, Jankovic I, Sikanjic PR, Peric B, Crkljic B, Mlinaric-Missoni E, Skrlin J. Microbiological analysis of a mummy from the archeological museum in Zagreb. *Coll Antropol*. 2010; 34(3): 803-805.
- [5] Chandel RS, Sharma S, Sharma S. Forensic analysis of fungal evidence: a systematic approach. *J Indian Soc Tox* 2018; 14(1): 34-42.
- [6] Domsch KH, Gams W, Anderson TH (Ed.). *Compendium of soil fungi*. Eching, IHW-Verlag, 2007.
- [7] Efremov JA. Taphonomy: new branch of Paleontology. *Pan-American Geologist*. 1940; 74(2): 81-93.
- [8] Gutiérrez A. *Sus scrofa domestica* como modelo tafonómico: primeras valoraciones del proyecto Taphos-m. Máster thesis, 2015. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.
- [9] Gutiérrez A, Nociarová D, Malgosa A, Armentano N. The taphonomic effects comparison in two empty space burial structures. *Rev Esp Med Legal*. 2016; 42(3): 98-104.
- [10] Gutiérrez A, Nociarová D, Malgosa A, Armentano N. Taphos-m, a taphonomical research using *Sus scrofa domestica* model in an experimental facility. *Arch Environ F Sci*. 2017; 1.1: 33-48.
- [11] Hayes MA. The Geomyces Fungi: Ecology and Distribution. *Bioscience*. 2012; 62(1): 819-823.
- [12] Hitosugi M, Ishii K, Yaguchi T, Chigusa Y, Kurosu A, Kido M, Nagai T, Tokudome S. Fungi can be a useful forensic tool. *Legal Med*. 2006; 8: 240-242.

- [13] Illana-Esteban C. Forensic Mycology. *Bol Soc Micol.* 2013; 37: 229-244.
- [14] Ishii K, Hitosugi M, Kido M, Yaguchi T, Nixhimura K, Hosoya T, Tokudome S. Analysis of fungi detected in human cadavers. *Legal Med.* 2006; 8: 188-190.
- [15] Martínez-Ramírez JA, Strien J, Walter G, Peters FT. Search for fungi-specific metabolites of four model drugs in *post mortem* blood as potential indicators of post mortem fungal metabolism. *F Sci Inter.* 2016; 262: 173-178.
- [16] Nociarová D. Taphonomical and anthropological analysis of unclaimed human remains from cemetery context in Barcelona. PhD dissertation, 2016. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain. <http://hdl.handle.net/10803/393919>.
- [17] Palla F, Sineo L, Manachini B. Bacteria, fungi and arthropod pets collected on modern human mummies. *J Ent Acarol Res.* 2011; 43(2): 69-76.
- [18] Pangallo D, Kraková L, Chovanová K, Bucková M, Puskarová A, Simonovicová A. Disclosing a crypt: microbial diversity and degradation activity of the microflora isolated from funeral clothes of Cardinal Peter Pázmány. *Microbiol Research.* 2013; 168: 289-299.
- [19] Piñar G, Piombino-Mascali D, Maixner F, Zink A, Sterflinger K. The Capuchin Catacombs of Palermo: problems facing the conservation of an impressive burial site. *Coalition.* 2014; 25: 2-10.
- [20] Rabionet Z. Recollida i anàlisi de mostres entomològiques i micològiques procedents de diferents enterraments del projecte Taphos-m. Máster thesis, 2016. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.
- [21] Sagara N, Yamanaka T, Tibbett M. Soil fungi associated with graves and latrines: toward Forensic Mycology. En: Tibbet M, Carter D (Ed.). *Soil Analysis in Forensic Taphonomy.* CRC Press, Boca Raton, Florida, 2007: 67-101.
- [22] Salazar R. Análisis de las muestras micológicas halladas en los cuerpos enterrados en las instalaciones del proyecto experimental Taphos-m. Máster thesis, 2018. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.
- [23] Samson RA, Hoekstra ES, Frisvad JC., (Ed.). *Introduction to food- and airborne fungi.* Utrecht, Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2004.
- [24] Sidrim JJC, Moreira Filho RE, Cordeiro RA, Rocha MFG, Caetano EP, Monteiro AJ, Brillhante RSN. Fungal microbiota dynamics as a post mortem investigation tool: focus on *Aspergillus*, *Penicillium* and *Candida* species. *J Appl Microbiol.* 2009; 108(5): 1751-1756.
- [25] Simonovicová A, Kraková L, Pangallo D, Majorosová M, Piecková E, Bodoriková S, Dörnhöferová M. Fungi on mummified human remains and in the indoor air in the Kuffner family crypt in Sládkovicovo (Slovakia). *Inter Biodet Biodeg.* 2015; 99: 157-164.
- [26] Tranchida MC, Centeno ND, Cabello MN. Soil fungi: their potential use as a forensic tool. *J Forensic Sci.* 2014; 59(3): 785-789.

A N E X O I I I

- [27] Tranchida MC, Bravo LE, Stenglein SA, Cabello MN. Mycobiota associated with human cadavers: first record in Argentina. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 2018, 51(2), 39-47. <https://doi.org/10.1080/00085030.2018.1463131>.
- [28] Urzı C, De Leo F. Sampling with adhesive tape strips: an easy and rapid method to monitor microbial colonization on monument surfaces. *J Microbiol Meth.* 2001; 44: 1-11.

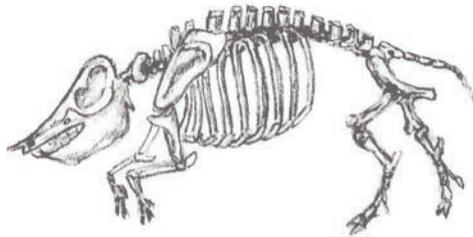
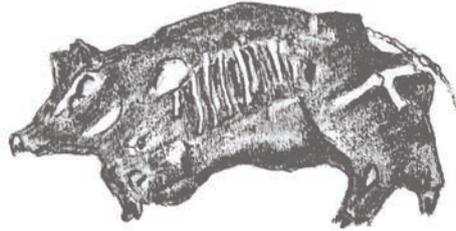
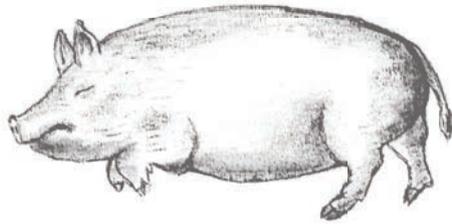
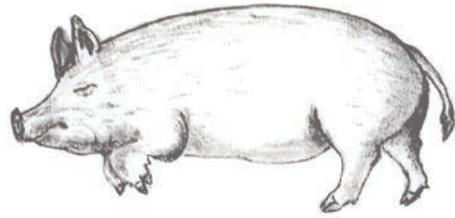




Ilustración Portada

David Isidre Miró Folch

Ilustración Agradecimientos

Diana C. Vinuesa-Espinosa

Maquetación

Blanca Moncunill-Solé