TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS): LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA

Maria Bennàsar Serra

ISBN: 978-84-693-5412-4
Dipòsit Legal: T-1401-2010

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERISTAT ROVIRA I VIRGILI

Tafonomía de micromamíferos del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos): Sima del Elefante y Gran Dolina

Tesis Doctoral

Maria Bennàsar Serra

Volumen I y II

2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Història i Història de l'Art

Tafonomía de micromamíferos del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos): Sima del Elefante y Gran Dolina

Maria Bennàsar Serra

Tesis Doctoral

Dirigida por
Dra. Isabel Cáceres Cuello de Oro
Dra. Gloria Cuenca Bescós

Tarragona, 2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Antes yo no sabía
Por qué debemos todos
-día tras día-

seguir siempre adelante
hasta como se dice
que el cuerpo aguante.

Ahora lo sé.
Si te vienes conmigo
te lo diré.

Secreto
José Agustín Goytisolo

... A tu

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

...En el porvenir veo ancho campo para
investigaciones interesantes (...).
Se proyectará mucha luz sobre el origen
del hombre y sobre su historia

El origen de las especies, 1859
Charles Darwin

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Agraïments

Fer una Tesi Doctoral no és mai fàcil. És un projecte llarg i dur, a n'es que, paradoxalment, costa molt posar-hi un punt i final. Jo vull que es punt final des meu actual "projecte" siguin es agraïments, perquè, ara que tir sa vista enrera, veig que aquesta Tesi no l'he feta mai tota sola i que hi ha moltíssima gent que ha col·laborat d'una manera o d'altre.

Primer de tot, vull donar ses gracis a n'es membres del tribunal per acceptar s'avaluació d'aquest treball. També vull agrair a n'es directors des jaciments de la Sierra de Atapuerca, Juan Luis Arsuaga, José María Bermúdez de Castro i Eudald Carbonell, el fet de motivar-me i ajudar-me amb sa meva feina.

Vull donar ses gracis a ses dues directores d'aquesta Tesi. A Isabel Cáceres, perquè és una gran Mestra. No només m'ha ensenyat el que ella sap, sinó que ho ha fet amb una paciència tremendament infinita. A més, li he de agrair sa companyia a n'es viatges (que tant enyor!!), ses llargues xerrades a n'es cotxo, s'ocupar-se (i preocupar-se) de tantes coses per jo!! Li vull agrair estar a n'es meu costat a s'hora de treballar i alegrar-me es moments més durs com amiga. ¡¡Ahora sí que podremos continuar con viejos proyectos y empezar con tantos que tenemos pensados!!.

A Gloria Cuenca li he d'agrair ses hores dedicades, ses xerrades i es cafès de discussió! Li he d'agrair sa paciència d'explicar patrons taxonòmics a una persona que no en sabia res de ratolins i insectívors, es viatges a Burgos, es dies a Saragossa, sa confiança dipositada i ses oportunitats ofertes. ¡¡¡Muchas gracias!!!.

Treballar amb jaciments com es de la Sierra de Atapuerca, on es materials són extraordinàriament rics i sa informació especialment valuosa, suposa una gran responsabilitat. En aquests jaciments, s'obté sa informació gràcies a un immens treball multidisciplinar d'un gran i divers equip d'investigació. Dins aquest equip he pogut trobar molta gent que ha posat es seu granet de sorra a aquest treball i que m'ha donat es seu suport. Així, he d'agrair es temps, sa dedicació i es *carinyo* que ha tengut na Rosa Huguet, qui m'ha explicat cada any ses novetats de "Elefante" i facilitat nombrosa informació, però també li he d'agrair tenir un somriure còmplice amb jo i ajudar-me a veure ses coses des d'un nou punt de vista. Gràcies a na Palmira Saladié, per arreglar ses fotos, per aguantar ses preguntes i petits dubtes (i facilitar sempre grans solucions!), per escoltar-me, animar-me i estar sempre pendent de mi! A na Isabel Expósito, per tantes hores d'explicacions, correccions de textos i diagrames, per oferir-me sa seva ajuda pel que convingués, però sobretot, per ses grans nits d'escamarlans, cervesa i futbol (prepara't que torna na Lluc piropera!!).

A n'Andreu Ollé, gracis per ses reflexions i es textos, per suggerir-me millores i plantejar-me un munt de preguntes a respondre!! Gràcies a na Ethel Allué, amb qui he pogut discutir alguns punts de sa Tesi, a n'Hugues Blain, qui m'ha facilitat es càlculs del NMI d'amfibis de ses mostres estudiades i en Carlets Lorenzo, qui em va ajudar amb s'estadística que havia d'aplicar. Gràcies a na Lucia López-Polín, en Josep Maria Vergés, na Marta Fontanals, en Pep Vallverdú, na Marina Mosquera, Montse Esteban, Marina Lozano i Xosé Pedro Rodríguez per s'atenció, es aclariments i, per oferir-se pel que calgués.

Amb na Paola, na Leti, n' Arturo i en Dan, he compartit moltíssimes hores de feina i discussions de ses que he après molt. A més, amb ells m'uneix una especial amistat que ha fet que ses campanyes

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

d'excavació i hores de laboratori que hem compartit hagin estat molt especials per jo. Per això, moltes gracis.

No vull oblidar tampoc a na Gema, na Gala, na Cristina, na Loli, na Joana, na Ruth, en Juanin, na Luna, n'Ana Rodríguez, na Núria Geribàs i tots aquells que s'han interessat per s'estat de sa meva investigació.

Vull donar ses gràcies a tot es Laubt en general, i sobretot al mòdul de fauna al complet. Tots els que el formen m'han recolzat durant tot es trajecte de sa Tesi, però molt especialment durant aquests últims i llargs mesos.

Vull agrair també a tots es excavadors que, estiu rere estiu, es reuneixen a la Sierra per invertir ses seves vacacions en es jaciments. El riu Arlazón (Burgos) uneix cada estiu a estudiants de tots es racons del món. A tots ells, es que repetim cada any i es que coneixem de nou, gracis. Vull tenir especial atenció a n'es companys i amics del riu: Juan, Juanma, Hugues, Roger, Raquel, María, Raxa i Mila, ¡muchas gracias por todo! ¡He aprendido mucho de todos vosotros y espero que me enseñéis mucho más!!

He de donar ses gracis a na Yolanda Fernández, qui s'ha preocupat per s'estat d'aquesta feina i m'ha ajudat a veure i entendre alteracions com ses bactèries i es "salmonats". Gracis també a Cristiane Denys i Jesús Rodríguez per sa dedicació, s'acolliment i totes ses facilitats propostes durant ses estades al Muséum National D'Histoire Naturelle de Paris i al Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana de Burgos. A més vull donar ses gracis a tots aquells que m'han acollit cada cop que he sortit de ca meva, com na Davinia, na Diana, na Yolanda i sa seva mare.

Durant es transcurs d'aquesta Tesi, a s'any 2005 vaig poder *disfrutar* d'una estada d'investigació a Paris. A aquesta ciutat vaig passar moments realment meravellosos a n'es costat de grans amics com na Guendi i en Danielle. Per convertir un petit pis en un gran punt de trobada i d'acolliment amb aires mediterranis, moltes gràcies!!

A tots aquells amics i amigues de per tot arreu. A n'es de Tarragona, Marina, Neus, Gloria, Emma, Anna, Noelia i Fontcalda (nenes, necessit recuperar classes...!!), i als nens (Adrià, Ignasi, Andrea i Joao), per estar a n'es meu costat, preguntar per quan i fer teràpia quan convenia!! A més, na Marina i n'Alba se n'han encarregat de tota sa bibliografia d'aquesta Tesi (que no és poca)!! A n'es amics de Mallorca, na Juana Ana, Andrés (por fin ¡¡ya la tengo!!), na Tatiana i en Toni, per recordar-me d'on soc i reclamar sa meva presencia sigui on sigui!! A sa Colla Pessigolla, per estar pendents de que tot estàs bé i rescatar-nos, de tant en quan, a Torredembarra, Sant Cugat, Sabadell...i on esteu!!. Gracis a na Cristina Ruano, en Vicente i n'Eva, que sempre han estat a n'es meu costat i m'han animat fins a n'es final. I a na Elisa, pels tendres somriures!! A tots ells gracis, i... ara ja no val s'excusa de sa Tesis per fer tot allò que tenim pendent!!

Gracis a tota sa meva família, sense sa que no seria qui soc ni com soc. A munspares, en Paco i na Joana, els hi estic molt agraïda per tot, especialment per fer sempre un esforç més. A n'es meu germà, en Vicenç, gracis per estar sempre present, i a sa padrina, per posar a tots els Sants en guàrdia! A tots ells, gracis per *apoiar*-me, per donar-me forces en els meus estudis i en molts altres moments de sa meva vida, i per intentar entendre, no sense esforç, lo que és i suposa una Tesi!!. No vull oblidar a n'es meus padrins, a qui estim amb totes ses meves forces.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A en Guillermo, na Dolors, na Lola, na Marina i en David, moltes gràcies per estar allà, preguntar i fer-me sentir a prop vostro. A na Marina, a més, li he d'agrair s'estar a n'es nostro costat i esperar aquest moment amb tanta il·lusió!!.

Moltes gracis a n'Alba. Ella ha vist créixer aquest projecte amb jo i també és una mica seu. Però no domés li he d'agrair treballar a n'es meu costat i animar-me a tirar endavant, li he d'agrair es pilars que ha dibuixat a n'es camí, es moments compartits, es projectes construïts i fer-me sempre (sempre, sempre) somriure, alegrant-me s'esperit.

Realitzar aquesta Tesis ha estat possible gràcies a una Beca predoctoral de ses Unidades Asociadas entre Universidades y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (UAU-CSIC), a través del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), i a un contracte de l'Institut de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES). Això me va permetre, entre 2004 i 2009, pertànyer a sa comunitat investigadora de sa Universitat Rovira i Virgili.

I com tot... aquest punt també s'acaba. A tots aquells que no estau nombrats anteriorment, perquè es meu cap no és capaç de recordar (però que de ben segur que sí que ho recorda el cor!), vull donar-vos ses gracis per haver *aparescut* a sa meva vida, fent sa vostra aportació.

GRACIS A TOTS.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índice general

Volumen I

Pág.

Índice de tablas……. IX
Índice de figuras…… XIX

1. Introducción…….……. 1
1.1. Problemática……. 6
1.2. Hipótesis y objetivos…… 8
1.3. Estructura del trabajo…… 11

2. Antecedentes……. 15

3. El Pleistoceno Inferior en Europa……. 33
3.1. Límites cronológicos del Pleistoceno…… 36
3.2. Los ciclos glaciares en el Pleistoceno y los estadios isotópicos…… 37
3.3. Yacimientos europeos del Pleistoceno Inferior……. 42
3.3.1. Dmanisi……... 43
3.3.2. Akhalkalaki……. 45
3.3.3. Bogatyri/Sinyaya Balka…….. 46
3.3.4. Apollonia-1……. 46
3.3.5. Stránská Skála……. 47
3.3.6. Unkelberg-Dinkelscherben……. 48
3.3.7. Untermaßfeld…….. 48
3.3.8. Süßenborn……... 49
3.3.9. Voigtstedt…… 49
3.3.10. Pirro Nord……. 49
3.3.11. Ceprano……. 51
3.3.12. Ca'Belvedere de Monte Poggiolo……. 51
3.3.13. Tegelen…….. 52
3.3.14. Le Vallonet……... 53
3.3.15. Saint-Vallier…….. 54
3.3.16. Soleihac……. 55
3.3.17. Lézignan-la-Cèbe…….. 56
3.3.18. Pont-de-Lavaud……. 57

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.19. Incarcal…….. 57
3.3.20. Cal Guardiola…… 58
3.3.21. Vallparadís…… 59
3.3.22. Cueva Victoria…….. 60
3.3.23. Depresión de Guadix Baza……... 61
3.3.23.1. Venta Micena……. 62
3.3.23.2. Barranco León 5……. 63
3.3.23.3. Fuente Nueva 3……... 64
3.3.24. Sierra de Atapuerca……... 65
3.3.25. Otros Yacimientos…… 66
3.4. Evolución del paisaje durante el Pleistoceno Inferior europeo……. 66
3.5. Evolución de la fauna durante el Pleistoceno Inferior europeo……. 69
3.5.1. Biozonación de la macrofauna…… 69
3.5.2. Biozonación de la microfauna…… 71
3.6. Europa meridional como refugio ecológico…….. 73
3.7. Paleoecología del Pleistoceno Inferior europeo…… 76

4. Métodos: estudio de alteraciones…….. 81
4.1. Alteraciones producidas por depredación……. 84
4.1.1. Representación…… 90
4.1.1.1. Pérdida de elementos esqueléticos……. 92
4.1.1.2. Proporciones de elementos esqueléticos…… 96
4.1.2. Fractura……... 99
4.1.2.1. Fractura en elementos postcraneales……. 99
4.1.2.2. Fractura en cráneos…… 102
4.1.2.3. Fractura en maxilares…… 104
4.1.2.4. Fractura en mandíbulas……. 106
4.1.2.5. Fractura en dientes……. 109
4.1.3. Digestión……. 110
4.1.4. Clasificación general de los predadores según el grado de alteración mayoritario…… 120
4.1.5. Otras alteraciones: las mordeduras……. 123
4.2. Alteraciones postdeposicionales…… 126
4.2.1. Alteraciones anteriores al enterramiento…… 126
4.2.1.1. Descomposición y dispersión…… 127
4.2.1.2. Alteraciones blancas por bacterias…… 130

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.2.1.3. Meteorización…… 137
4.2.1.4. Pisoteo……... 141
4.2.1.5. Abrasión…… 145
4.2.2. Alteraciones posteriores al enterramiento……... 148
4.2.2.1. Acción de la vegetación…… 148
4.2.2.2. Óxido de manganeso……. 151
4.2.2.3. Corrosión……... 154
4.2.2.4. Concreciones calcáreas…….……. 156
4.2.2.5. Deformaciones…….…….. 157
4.3. Alteraciones de origen desconocido…….. 158
4.3.1. Cambios de coloración/traslúcido…….. 158

5. Técnicas aplicadas al estudio…… 159
5.1. Obtención y preparación de muestras paleontológica.s…… 161
5.2. Obtención y preparación de muestras actuales…….……. 165
5.3. Técnicas de observación…… 166
5.4. Colecciones de referencia…….. 170
5.5. Base de datos……. 170
5.6. Estadística aplicada……... 171
5.7. Otros programas…… 172

6. Mezclas en los conjuntos de micromamíferos: experimentación…… 173
6.1. Introducción……... 175
6.2. Antecedentes……. 176
6.3. Problemática…….. 177
6.4. Hipótesis y objetivos……. 179
6.5. Material y método……. 181
6.6. Conjunto teórico 1: Lote A y D……. 186
6.6.1. Representación…… 187
6.6.2. Fractura……... 190
6.6.3. Digestión……. 193
6.6.4. Discusión predador/predadores…….. 193
6.6.5. Conclusiones del conjunto teórico 1…….…….. 198
6.7. Conjunto teórico 2: Lotes A, B, C y D……..…… 199
6.7.1. Hipótesis y objetivos específicos…… 199
6.7.2. Representación…… 200

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.7.3. Fractura……... 203
6.7.4. Digestión……. 205
6.7.5. Discusión: predador/predadores……. 206
6.7.6. Conclusiones del conjunto teórico 2……... 211
6.8. Conjunto teórico 3: Lotes B, C y D……... 211
6.8.1. Hipótesis y objetivos específicos…… 212
6.8.2. Representación…… 212
6.8.3. Fractura……... 215
6.8.4. Digestión……. 217
6.8.5. Discusión: predador/predadores……. 218
6.8.6. Conclusiones del conjunto teórico 3……... 220
6.9. Discusión de la experimentación con mezclas…….. 221
6.10. Conclusiones de la experimentación con mezclas……..…… 228

Volumen II

Pág.
7. La Sierra de Atapuerca…….. 231
7.1. Localización…….. 233
7.2. Contexto geológico y geomorfológico…….. 234
7.3. Breve historia de las intervenciones…….. 236
7.4. Complejo Galería: Trinchera Galería, Trinchera Zarpazos y Trinchera Norte…….. 238
7.5. La Cueva del Mirador…… 241
7.6. El Portalón de Cueva Mayor……. 242
7.7. Sima de los huesos…… 244

8. Sima del Elefante…….. 247
8.1. Marco histórico de las intervenciones …..…… 249
8.2. Marco geológico y estratigráfico …….. 250
8.2.1. TE-LRU……....…….. 251
8.2.2. TE-URU……..……. 255
8.2.3. Fase III……..…… 256
8.3. TE-LRU……. 256
8.3.1. Microvertebrados…… 256
8.3.1.1. Indicios biocronológicos……... 258

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

8.3.1.2. Indicios paleoecológicos……... 259
8.3.2. Macrovertebrados……... 260
8.3.2.1. Indicios biocronológicos……... 260
8.3.2.2. Indicios paleoecológicos……... 263
8.3.3. Avifauna…….. 263
8.3.4. Arqueobotánica: Antracología y palinología…….. 264
8.4. TE-URU…… 267
8.4.1. Micromamíferos: Indicios biocronológicos y paleoecológicos.. 267
8.4.2. Macromamíferos: Indicios biocronológicos y paleoecológicos. 267
8.4.3. Arqueobotánica: Antracología…… 268
8.5. Resumen paleoecológico de Sima del Elefante……. 269
8.6. Marco cronológico…… 270
8.7. Marco cultural……..……. 271

9. Tafonomía de micromamíferos de Sima del Elefante…….. 273
9.1. El nivel TE9……... 279
9.1.1. El subnivel TE9c……. 279
9.1.1.1. Alteraciones relacionadas con la depredación…….. 280
9.1.1.1.1. Representación…….. 280
9.1.1.1.2. Fractura…….…… 284
9.1.1.1.3. Digestión……... 287
9.1.1.1.4. Identificación del predador……... 290
9.1.1.2. Alteraciones postdeposicionales…… 293
9.1.2. El subnivel TE9b…… 298
9.1.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación…….. 298
9.1.2.1.1. Representación…….. 298
9.1.2.1.2. Fractura……. 302
9.1.2.1.3. Digestión……... 305
9.1.2.1.4. Identificación del predador……... 309
9.1.2.2. Alteraciones postdeposicionales…… 311
9.1.3. El subnivel TE9a……. 316
9.1.3.1. Alteraciones relacionadas con la depredación……...… 317
9.1.3.1.1. Representación…….. 317
9.1.3.1.2. Fractura……. 321
9.1.3.1.3. Digestión……... 324
9.1.3.1.4. Otras alteraciones por predación…… 328

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.3.1.5. Identificación del predador/es……... 332
9.1.3.2. Alteraciones postdeposicionales…… 335
9.1.4. Resumen diacrónico de TE9……... 339
9.2. El nivel TE10……. 342
9.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación…… 342
9.2.1.1. Representación…….. 342
9.2.1.2. Fractura……. 346
9.2.1.3. Digestión……... 349
9.2.1.4. Identificación del predador…… 352
9.2.2. Alteraciones postdeposicionales……... 354
9.3. El nivel TE11…… 358
9.3.1. Alteraciones relacionadas con la depredación…… 358
9.3.1.1. Representación……... 358
9.3.1.2. Fractura…….. 361
9.3.1.3. Digestión…… 364
9.3.1.4. Identificación del predador……. 367
9.3.2. Alteraciones postdeposicionales……. 370
9.4. El nivel TE12…… 372
9.4.1. Alteraciones relacionadas con la depredación…… 372
9.4.1.1. Representación……... 372
9.4.1.2. Fractura…….. 376
9.4.1.3. Digestión…… 379
9.4.1.4. Identificación del predador…… 382
9.4.2. Alteraciones postdeposicionales……. 385
9.5. Discusión diacrónica de Sima del Elefante……... 387

10. Gran Dolina……. 407
10.1. Marco histórico de las intervenciones…..…… 409
10.2. Marco geológico y estratigráfico.…… 411
10.3. Pequeños vertebrados de Gran Dolina…… 420
10.4. Macrovertebrados…… 425
10.5. Arqueobotánica……... 428
10.6. Resumen paleoecológico de Gran Dolina……... 429
10.7. Marco cronológico…….. 432
10.8. Marco cultural……. 433

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11. Tafonomía de micromamíferos de Gran Dolina……..……. 435
11.1. El nivel TDE5…….. 440
11.1.1. TDE5 base……. 440
11.1.1.1. Alteraciones relacionadas con la depredación……... 440
11.1.1.1.1. Representación.……... 440
11.1.1.1.2. Fractura…… 443
11.1.1.1.3. Digestión……. 446
11.1.1.1.4. Identificación del predador……. 448
11.1.1.2. Alteraciones postdeposicionales…… 450
11.1.2. TDE5 techo……... 452
11.1.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación……... 453
11.1.2.1.1. Representación…… 453
11.1.2.1.2. Fractura…… 456
11.1.2.1.3. Digestión……. 458
11.1.2.1.4. Identificación del predador……. 460
11.1.2.2. Alteraciones postdeposicionales…… 462
11.1.3. Resumen diacrónico de TDE5…….. 464
11.2. El nivel TD6…… 466
11.2.1. El subnivel TD6-3…… 466
11.2.1.1. Alteraciones relacionadas con la depredación…….. 466
11.2.1.1.1. Representación…… 466
11.2.1.1.2. Fractura…… 469
11.2.1.1.3. Digestión……. 471
11.2.1.1.4. Identificación del predador……. 473
11.2.1.2. Alteraciones postdeposicionales…… 475
11.2.2. El subnivel TD6-2…… 477
11.2.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación……... 477
11.2.2.1.1. Representación…… 477
11.2.2.1.2. Fractura…… 480
11.2.2.1.3. Digestión…… 482
11.2.2.1.4. Identificación del predador……. 485
11.2.2.2. Alteraciones postdeposicionales…… 488
11.2.3. El subnivel TD6-1…… 489
11.2.3.1. Alteraciones relacionadas con la depredación……... 489
11.2.3.1.1. Representación……..…….. 490
11.2.3.1.2. Fractura…… 492

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.3.1.3. Digestión……. 495
11.2.3.1.4. Identificación del predador……. 496
11.2.3.2. Alteraciones postdeposicionales…… 499
11.2.4. Resumen diacrónico de TD6…… 501
11.3. Discusión diacrónica de Gran Dolina……. 503

12. Discusión general…… 525

13. Conclusiones……... 537

14. Propuestas de futuro…… 543

15. Bibliografía……. 547

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índice de tablas

Volumen I

Pág.

Tabla 2.1. Diferentes sistemas de clasificación utilizados para interpretar el inicio y el final de los subsistemas conceptuales de la tafonomía según cada uno de los autores..... 20

Tabla 2.2. Diferentes tipos e intensidades de procesos históricos (tafonómicos) que definen el Uniformitarismo, el Actualismo y el Catastrofismo como paradigmas que explican el pasado..... 27

Tabla 3.1. Fases de evolución y desarrollo de la paleovegetación en Europa donde se han diferenciado dos biozonaciones polínicas a partir de los depósitos sedimentarios en la cuenca mediterránea y en los Países Bajos..... 68

Tabla 3.2. Entrada y dispersión de nuevos taxones de macromamíferos en Europa (modificada de van der Made y Mazo, 2003)..... 70

Tabla 3.3. Resumen de las biozonaciones de micromamíferos propuestas en Agustí, 1986; Agustí *et al.*, 1987a, 1987b, 1997; Agustí y Moyà-Solà, 1992; Oms *et al*., 2000. Modificada de Gibert *et al.*, 2006..... 72

Tabla 3.4. Correlación cronológica entre la biozona de micromamíferos propuesta para la Península Ibérica por Cuenca-Bescós y colaboradores (2009), y las diferentes biozonaciones para el continente europeo (Maul *et al.*, 2007; Masini y Sala, 2007)..... 73

Tabla 3.5. Resumen de las características más importantes de los yacimientos del Pleistoceno Inferior europeo descritos en esta Tesis..... 80

Tabla 4.1. Número de muestras estudiadas por Andrews (1990) y origen de cada una de ellas (modificado de Andrews, 1990)..... 89

Tabla 4.2. Elementos de micromamíferos analizados y no analizados desde el punto de vista tafonómico..... 91

Tabla 4.3. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías según el rango medio de abundancia relativa..... 94

Tabla 4.4. Índice de abundancia relativa (IAR) por elementos, medias y desviaciones estándar generales, teniendo en cuenta sólo los elementos esqueléticos sujetos a nuestro estudio..... 95

Tabla 4.5. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías según el rango medio de abundancia relativa (I_1) de los elementos esqueléticos estudiados en este trabajo..... 96

Tabla 4.6. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías según los valores resultantes de los índices Pc/C y H+F/ CMx+Md (I_2), basándonos en Andrews (1990)..... 97

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 4.7. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de alteración según los valores resultantes del índice R+T/H+F (I_3), basándonos en Andrews (1990)..... 98

Tabla 4.8. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura en postcraneal (F_p), según el porcentaje de elementos completos..... 101

Tabla 4.9. Porcentajes de los tipos de fractura de elementos postcraneales para cada uno de los predadores, siguiendo datos de Andrews (1990)..... 101

Tabla 4.10. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura de cráneos (F_c) según el porcentaje de cráneos completos..... 103

Tabla 4.11. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura en maxilares (F_{Mx})..... 105

Tabla 4.12. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de pérdida de arcos zigomáticos (P_{AC})..... 106

Tabla 4.13. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de pérdida de dientes en maxilares (P_{DMx})..... 106

Tabla 4.14. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura de mandíbulas..... 108

Tabla 4.15. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de pérdida de dientes en mandíbulas (P_{DMd})..... 108

Tabla 4.16. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura en dientes (F_D), en base a los datos ofrecidos por Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992)..... 109

Tabla 4.17. Cuadro resumen de las modificaciones superficiales relacionadas con la digestión según el grado de alteración. Se diferencian las alteraciones según el elemento esquelético estudiado: incisivos, molares y esqueleto postcraneal..... 113

Tabla 4.18. Resumen de la distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de digestión de incisivos (D_I) y de molares (D_M)..... 119

Tabla 4.19. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de digestión de elementos postcraneales (D_p)..... 120

Tabla 4.20. Clasificación de los predadores en categorías de modificación según las alteraciones observadas en cada característica estudiada……..... 121

Tabla 4.21. Estadios de meteorización descritos por Behrensmeyer (1978) según los restos de macromamíferos expuestos en Amboseli Park (Kenia)..... 138

Tabla 4.22. Resultados de la experimentación de Andrews (1990), completada por Fernández Jalvo (1992), sobre meteorización en micromamíferos..... 140

Tabla 4.23. Relación entre grados de redondeamiento y grados de pulido en restos de macromamíferos, extraído de Cáceres (1996)..... 146

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 4.24. Grado de alteración por óxidos de manganeso..... 153

Tabla 6.1. Diversas circunstancias en las que cabe la posibilidad de la mezcla de diferentes conjuntos de micromamíferos..... 178

Tabla 6.2. Resumen de las alteraciones de los conjuntos actuales estudiados……..... 183

Tabla 6.3. Procedencia de los restos utilizados en el conjunto teórico 1..... 186

Tabla 6.4. Restos de vertebrados extraídos y contabilizados del conjunto teórico 1..... 187

Tabla 6.5. Distribución numérica (n) y porcentual (%) del número mínimo de individuos en los ordenes Rodentia y Eulipotyphla..... 188

Tabla 6.6. Índices de relación entre postcraneal y craneal (Pc/C y H+F/CMx+Md) y distal y proximal (R+T/H+F), junto con el índice que relaciona los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 190

Tabla 6.7. Molares e incisivos perdidos en los alvéolos de cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.)..... 192

Tabla 6.8. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos..... 192

Tabla 6.9. Grado de digestión por elementos..... 193

Tabla 6.10. Resumen de las alteraciones del conjunto teórico 1..... 194

Tabla 6.11. Procedencia de los restos utilizados en el conjunto teórico 2..... 199

Tabla 6.12. Restos de vertebrados extraídos y contabilizados del conjunto teórico 2..... 200

Tabla 6.13. Distribución numérica (n) y porcentual (%) del número mínimo de individuos en los ordenes Rodentia y Eulipotyphla..... 201

Tabla 6.14. Índices de relación entre postcraneal y craneal (Pc/ C y H+F/CMx+Md), entre distal y proximal (R+T/H+F) junto con el índice que relaciona los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 202

Tabla 6.15. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en los alvéolos de cráneos maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.)..... 205

Tabla 6.16. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos..... 205

Tabla 6.17. Grado de digestión por elementos..... 206

Tabla 6.18. Resumen de las alteraciones del conjunto teórico 2..... 207

Tabla 6.19. Procedencia de los restos utilizados en el conjunto teórico 3..... 212

Tabla 6.20. Restos de vertebrados que conforman el conjunto teórico 2, la tercera parte del experimento..... 213

Tabla 6.21. Distribución numérica (n) y porcentual (%) del número mínimo de individuos en los ordenes Rodentia y Eulipotyphla..... 213

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 6.22. Índices de relación entre los elementos postcraneales y craneales (Pc/ C y H+F/CMx+Md) junto con el índice de relación entre los elementos distales y proximales (R+T/H+F) y el índice que relaciona los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 215

Tabla 6.23. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos..... 217

Tabla 6.24. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.)..... 217

Tabla 6.25. Grado de digestión por elementos..... 218

Tabla 6.26. Resumen de las alteraciones del conjunto teórico 3..... 219

Tabla 6.27. Resumen de las alteraciones de los conjuntos teóricos estudiados……..... 222

Volumen II

Pág.

Tabla 8.1. Taxones de macromamíferos representados en los niveles de Sima del Elefante..... 261

Tabla 8.2. Taxones de aves presentes en los niveles de Sima del Elefante..... 263

Tabla 8.3. Cuadro resumen de las condiciones paleoecológicas evidenciadas por cada registro estudiado de TE-LRU y la TE-URU de Sima del Elefante..... 269

Tabla 9.1. Resumen de las muestras de la Fase I de Sima del Elefante y el número de restos totales en cada una ellas..... 277

Tabla 9.2. Número de elementos anatómicos (n) de roedores e insectívoros, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TE9c..... 281

Tabla 9.3. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla..... 283

Tabla 9.4. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 283

Tabla 9.5. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias de TE9c..... 286

Tabla 9.6. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de roedores e insectívoros de TE9c.. 286

Tabla 9.7. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE9c..... 287

Tabla 9.8. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE9c..... 290

Tabla 9.9. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos..... 294

Tabla 9.10. Número de elementos anatómicos (n) de roedores e insectívoros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TE9b..... 300

Tabla 9.11. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla..... 301

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 9.12. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 302

Tabla 9.13. Molares e incisivos perdidos en los cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en la muestra de TE9b..... 304

Tabla 9.14. Rotura y aislamiento en los dientes de roedores e insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos..... 305

Tabla 9.15. Grado de digestión de molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE9b..... 306

Tabla 9.16. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE9b……..……..... 309

Tabla 9.17. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos..... 313

Tabla 9.18. Número de elementos anatómicos (n) de roedores e insectívoros, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TE9a..... 319

Tabla 9.19. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla..... 320

Tabla 9.20. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 320

Tabla 9.21. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE9a…… 324

Tabla 9.22. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores e insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos..... 324

Tabla 9.23. Grado de digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE9a..... 325

Tabla 9.24. Diámetro máximo y mínimo de las depresiones y distancia entre las depresiones del húmero de *Talpa* cf. *europaea*..... 330

Tabla 9.25. Diámetro máximo y mínimo de los incisivos (I^1) y distancia entre los incisivos y entre los incisivos y anteromolares (A^1) de los dos individuos de *B. fissidens* (BF1 y BF2)..... 331

Tabla 9.26. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE9..... 332

Tabla 9.27. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos..... 337

Tabla 9.28. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores e insectívoros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TE10..... 344

Tabla 9.29. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla..... 345

Tabla 9.30. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 345

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 9.31. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE10…….... 348

Tabla 9.32. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores y molares de insectívoros..... 348

Tabla 9.33. Grado de digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE10..... 349

Tabla 9.34. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE10……..... 352

Tabla 9.35. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos..... 355

Tabla 9.36. Número de elementos anatómicos (n) de Rodentia y Eulipotyphla, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TE11..... 359

Tabla 9.37. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla..... 360

Tabla 9.38. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 361

Tabla 9.39. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE11……..... 363

Tabla 9.40. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores e insectívoros de TE11 364

Tabla 9.41. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE11..... 365

Tabla 9.42. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE11……..... 367

Tabla 9.43. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos..... 370

Tabla 9.44.Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores, insectívoros y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TE12..... 374

Tabla 9.45. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla..... 375

Tabla 9.46. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 376

Tabla 9.47. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE12……..... 378

Tabla 9.48. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores e insectívoros..... 379

Tabla 9.49. Grado de digestión en los elementos de roedores, insectívoros y quirópteros de TE12……..….. 380

Tabla 9.50. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE12..... 382

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 9.51. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos de TE12. 385

Tabla 9.52. Predadores principales interpretados en los diferentes niveles de la unidad TE-LRU de Sima del Elefante y sus características más importantes Predadores de los diferentes niveles.. 391

Tabla 10.1. Taxones de microvertebrados representados en los niveles de Gran Dolina..... 423

Tabla 10.2. Macrovertebrados de Gran Dolina..... 426

Tabla 10.3. Cuadro resumen de las inferencias paleoecológicas de Gran Dolina..... 431

Tabla 11.1. Resumen de la procedencia de las muestras y el número de restos totales en cada una ellas de Gran Dolina..... 439

Tabla 11.2. Número de elementos anatómicos (n) de roedores, insectívoros y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TDE5 base..... 442

Tabla 11.3. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)……..... 443

Tabla 11.4. Fracturas presentes en los cráneos-maxilares de TDE5 base..... 445

Tabla 11.5. Fracturas presentes en las mandíbulas de TDE5 base……..... 445

Tabla 11.6. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores muestra el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra..... 445

Tabla 11.7. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TDE5 base..... 445

Tabla 11.8. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TDE5 base..... 446

Tabla 11.9. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD5 base..... 448

Tabla 11.10. Distribución de las tinciones por óxido de manganeso en la superficie de los restos estudiados..... 451

Tabla 11.11. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TDE5 techo.. 454

Tabla 11.12. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 455

Tabla 11.13. Fracturas presentes en los cráneos-maxilares de TDE5 techo..... 457

Tabla 11.14. Fracturas presentes en las mandíbulas de TDE5 techo……. 457

Tabla 11.15. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores indica el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra…… 457

Tabla 11.16. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TDE5 techo……..... 458

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 11.17. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TDE5 techo..... 459

Tabla 11.18. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD5 techo……..... 460

Tabla 11.19. Distribución de las tinciones por óxido de manganeso en la superficie de los restos estudiados..... 463

Tabla 11.20. Número de elementos anatómicos (n) de Rodentia y Eulipotyphla, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos……..... 467

Tabla 11.21. Índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de destrucción de elementos distales (R+T/H+F) e índice de molares sueltos *versus* alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 469

Tabla 11.22. Fracturas presentes en los cráneos-maxilares de TD6-3..... 470

Tabla 11.23. Fracturas presentes en las mandíbulas de TD6-3..... 470

Tabla 11.24. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores muestra el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra)..... 470

Tabla 11.25. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TD6-3..... 471

Tabla 11.26. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TD6-3. 471

Tabla 11.27. Resumen de las característicastafonómicas de los restos de TD6-3…….. 473

Tabla 11.28. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos de TD6-3..... 476

Tabla 11.29. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores e insectívoros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TD6-2..... 479

Tabla 11.30. Índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), e índices de destrucción de elementos distales (R+T/H+F) y de molares sueltos *versus* alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 480

Tabla 11.31. Tipologías de fractura presentes en los cráneos-maxilares de TD6-2..... 481

Tabla 11.32. Tipologías de fractura presentes en las mandíbulas de TD6-2..... 481

Tabla 11.33. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores indica el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra)..... 482

Tabla 11.34. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de roedores e insectívoros..... 482

Tabla 11.35. Grado de digestión molares, incisivos y elementos postcraneales…… 483

Tabla 11.36. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD6-2..... 486

Tabla 11.37. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos de TD6-2..... 488

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tabla 11.38. Número de elementos anatómicos (n) de roedores y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TD6-1..... 491

Tabla 11.39. Índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de destrucción de elementos distales (R+T/H+F) e índice de molares sueltos *versus* alvéolos vacíos (Ms/Av)..... 492

Tabla 11.40. Fracturas presentes en los cráneos-maxilares de TD6-1..... 494

Tabla 11.41. Tipología de fractura presente en las mandíbulas de TD6-1..... 494

Tabla 11.42. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). 494

Tabla 11.43. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TD6-1..... 494

Tabla 11.44. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TD6-1 495

Tabla 11.45. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD6-1……. 497

Tabla 11.46. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos alterados.... 499

Tabla 11.47. Principales predadores identificados en los diferentes niveles de Gran Dolina y sus características más importantes……. 504

Tabla 12.1. Resumen paleoambiental resultante del análisis tafonómico aplicado a los micromamíferos de los niveles del Pleistoceno Inferior de Sima del Elefante y Gran Dolina..... 531

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índice de figuras

Volumen I

Pág.

Figura 2.1. Representación gráfica de los dos modelos de fosilización..... 23

Figura 2.2. Estados mecánicos de conservación de los elementos registrados……... 25

Figura 3.1. Cronoestratigrafía global del Cuaternario……..…….… 40

Figura 3.2. Yacimientos europeos del Pleistoceno Inferior…….....…….... 42

Figura 4.1. Categorización de las roturas en huesos largos…….…... 100

Figura 4.2. Ejemplos de conservación de cráneos fósiles…….…….. 102

Figura 4.3. Categorías de fracturación en cráneos…….……. 103

Figura 4.4. Categorización de fractura del maxilar……..…….…. 104

Figura 4.5. Categorización de la rotura en mandíbulas……..……..….. 107

Figura 4.6. Grados de digestión en incisivos fósiles y actuales…….…. 114

Figura 4.7. Digestión en molares fósiles de arvicólidos……...……..… 115

Figura 4.8. Grados de digestión…….…….…… 116

Figura 4.9. Sumario de las categorías de predadores…..…….... 122

Figura 4. 10. Tinciones de color blanco…….....…….. 131

Figura 4. 11. Alteraciones blancas por bacterias…….……...… 132

Figura 4.12. Diagrama de dispersión según el contenido en P y Ca de los restos alterados y no alterados por corrosiones blancas.....…….….. 135

Figura 4. 13. Molares de *Allophaiomys lavocati* del nivel 9 de Sima del Elefante en vista oclusal……....……. 137

Figura 4.14. Estrías producidas por pisoteo experimental en diáfisis de hueso largo…..……. 143

Figura 4.15. Incisiones en una apófisis vertebral de Vanguard Cave, Gibraltar……...…….. 143

Figura 4.16. Abrasión en hueso largo de talla grande de Abric Romaní, Capellades…… 145

Figura 4.17. Raíces en hueso largo de talla media de Abric Romaní, Capellades……..……. 149

Figura 4.18. Óxido de manganeso en hueso largo del nivel 10 de Gran Dolina (TD10)…… 152

Figura 4.19. Detalle de una de las arborescencias……..... 152

Figura. 4.20. Distribución de los óxidos de manganeso sobre los restos……...… 154

Figura 4. 21. Alteración traslúcida…….……. 158

Figura 5.1. Imagen de la excavación de TD10-2…….……... 163

Figura 5.2. Sedimento en sacos en la zona de lavado-tamizado…….…… 163

Figura 5.3. Estructura de andamios donde penden las mangueras para el lavado-tamizado de sedimentos……..…….. 163

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 5.4. Los sedimentos de una única muestra se reblandecen en cubos con agua para facilitar su posterior lavado…….. 163

Figura 5.5. El tamizado se realiza en tres mallas con diferente diámetro de luz…… 163

Figura 5.6. Detalle del concentrado en la malla de 0,5 mm. de luz…..…… 163

Figura 5.7. Secado de los concentrados resultantes del proceso del lavado…….... 164

Figura 5.8. Recogida de los concentrados en bolsas con cierre hermético……..… 164

Figura 5.9. Triado de los sedimentos……..……. 164

Figura 5.10. Individualización de las muestras y separación de las partes esqueléticas en tubos *eppendorf* en el laboratorio……. 164

Figura 5.11. Proceso de disgregación de un egagrópila en el laboratorio…….…. 168

Figura 5.12. Restos de roedor extraídos de una egagrópila actual…….……. 168

Figura 5.13. Restos de microvertebrados extraídos de una defecación actual……..... 168

Figura 5.14. Lupa binocular con cámara fotográfica incorporada…….……. 168

Figura 5.15. Imagen del Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental de la Universitat Rovira i Virgili……...…….. 168

Figura 6.1. a. Egagrópila de *Falco tinnunculus* (lote C). **b**. hez de *Genetta genetta* (lote D)… 181

Figura 6.2. Situación geográfica de cada uno de los conjuntos de egagrópilas y defecaciones estudiadas……..……..…….. 181

Figura 6.3. Digestión en los elementos actuales analizados…….…..... 184

Figura 6.4. Distribución porcentual del número mínimo de individuos por ordenes identificados……..... 188

Figura 6.5. Índice de abundancia relativa del conjunto teórico 1……..... 189

Figura 6.6. Representación de los tipos de fracturas en los restos postcraneales……..……. 190

Figura 6.7. Tipo de fracturas presentes en los cráneos y maxilares……..... 191

Figura 6.8. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas……..... 192

Figura 6.9. Distribución porcentual del número mínimo de individuos por ordenes identificados……. 201

Figura 6.10. Índice de abundancia relativa…….…… 202

Figura 6.11. Representación de los tipos de fracturas en los restos postcraneales.……..…..… 203

Figura 6.12. Tipos de fractura presentes en los cráneos y maxilares…….…. 204

Figura 6.13. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas…….. 204

Figura 6.14. Distribución porcentual del número mínimo de individuos por ordenes identificados……..….... 213

Figura 6.15. Índice de abundancia relativa del conjunto teórico 3……..… 214

Figura 6.16. Tipologías de fracturas de los restos postcraneales…….……... 215

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 6.17. Tipología de fracturas en los cráneos y maxilares……..…… 216

Figura 6.18. Tipología de fractura en las mandíbulas……..… 216

Figura 6.19. Análisis de *clusters* de los lotes producidos por *T. alba* (lote A), *S. aluco* (lote B), *F. tinnunculus* (lote C) y *G. genetta* (lote D) y los conjuntos teóricos 1, 2 y 3.…… 224

Volumen II

Pág.

Figura 7.1. Situación de la Sierra de Atapuerca en la Península Ibérica…….…... 234

Figura 7.2. Vista panorámica de la Sierra de Atapuerca y de su entorno……...… 234

Figura 7.3. Topografía del sistema cárstico de la Sierra de Atapuerca realizada por el Grupo Espeleológico Edelweiss……...……... 235

Figura 7.4. Imagen aérea de Trinchera del Ferrocarril y situación de los yacimientos arqueopaleontológicos descubiertos…….…... 239

Figura 7.5. En primer plano, vista del yacimiento de Galería y, al fondo, de Gran Dolina, con anterioridad a las intervenciones arqueológicas de la década de los 80…….. 239

Figura 7.6. Vista actual de Trinchera de la Sierra de Atapuerca…….…... 239

Figura 7.7. Excavación en Galería en la década de los años 80…….…… 239

Figura 7.8. Excavación actual de Covacha de los Zarpazos…….…….. 240

Figura 7.9. Fotografía de la Cueva de El Mirador en la actualidad…….…... 240

Figura 7.10. Intervención arqueológica en Portalón de Cueva Mayor…….….. 240

Figura 7.11. Trabajos de excavación en Sima de los Huesos…….…… 240

Figura 7.12. Cuadrícula U-16 de Sima de los Huesos…….…... 240

Figura 8.1. Sección y Litoestratigrafía de Sima del Elefante……..…… 251

Figura 8.2. Vista general de Sima del Elefante…….…….. 523

Figura 8.3. TE-LRU de Sima del Elefante…….……. 253

Figura 8.4. Detalle del buzamiento del nivel TE9 visto desde el Norte…….…… 253

Figura 8.5. Detalle de la deformación de los niveles TE13 y TE14…….….. 253

Figura 8.6. Excavación del nivel TE19 durante la campaña de 2003……..… 254

Figura 8.7. Asta de cérvido del nivel TE9…….…….…… 254

Figura 8.8. Excavación de la extensión de TE9 en el año 2006…….……... 254

Figura 8.10. Industria lítica en sílex cretácico *in situ* en TE9…… 254

Figura 8.11. Mandíbula de *Homo antecessor* del nivel TE9…….……. 254

Figura 8.12. Diagrama de presencia/ausencia de los taxones vegetales identificados en los niveles inferiores de Sima del Elefante……...… 265

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 8.13. Diagrama que muestra la representación de Palinomorfos no polínicos, microcarbones y concentración palinológica (PC) en los niveles inferiores de Sima del Elefante…… 266

Figura 9.1. Sección de Sima del Elefante…… 276

Figura 9.2. Planta de la excavación actual del nivel TE9…… 276

Figura 9.3. Distribución de los NMI de TE9c por taxones…… 281

Figura 9.4. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE9c según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla…… 283

Figura 9.5. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE9c…… 284

Figura 9.6. Representación gráfica de la tipología de fractura presentes en los cráneos-maxilares…… 285

Figura 9.7. Representación de la tipología de fracturas presentes en las mandíbulas de roedores e insectívoros…… 285

Figura 9.8. Digestión en elementos de TE9c..…… 288

Figura 9.9. Perforaciones redondeadas en la base de una mandíbula de arvicólido..... 292

Figura 9.10. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9c…… 294

Figura 9.11. Imágenes de algunas de las alteraciones postdeposicionales..... 296

Figura 9.12. Distribución de los NMI de TE9b por taxones…… 299

Figura 9.13. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE9b según los ordenes Rodentia y Eulipotyphla…… 301

Figura 9.14. Fracturación de los restos postcraneales de TE9b …… 302

Figura 9.15. Tipologías de fractura de los cráneos-maxilares en TE9b.…… 303

Figura 9.16. Representación de la tipología de fracturas presentes en las mandíbulas de roedores e insectívoros…… 304

Figura 9.17. Digestión en elementos de TE9b..... 306

Figura 9.18. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9b…… 312

Figura 9.19. Imágenes de las alteraciones postdeposicionales…… 314

Figura 9.20. Representación gráfica del NMI de TE9a…… 318

Figura 9.21. Gráfico del índice de abundancia relativa para los elementos de TE9a según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla…… 320

Figura 9.22. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE9a…… 321

Figura 9.23. Fracturas en los cráneos-maxilares de TE9a..... 322

Figura 9.24. Tipologías de fractura en las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE9a….. 323

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 9.25. Elementos de TE9a con alteración por digestión..…… 326

Figura 9.26. Húmero de *Talpa* cf. *europaea* con la numeración de las diferentes depresiones halladas…….. 328

Figura 9.27. Mordeduras en el húmero de *Talpa* ……..…….....…….. 329

Figura 9.28. Maxilar con incisivos superiores *in situ* de *Beremendia fissidens* (individuo BF1)……...……..…… 331

Figura 9.29. Figura del incisivo de *Beremendia fissidens*, mostrando el canal del aparato inyector de veneno…….…….……. 335

Figura 9.30. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9a……..… 336

Figura 9.31. Imágenes de las alteraciones postdeposicionales observadas en TE9a..... 338

Figura 9.32. Representación gráfica del NMI de TE10…….……..... 343

Figura 9.33. Índice de abundancia relativa para los elementos de TE10 según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla……...….. 345

Figura 9.34. Gráfico de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE10…….. 346

Figura 9.35. Fracturas en los cráneos-maxilares…….....…… 347

Figura 9.36. Tipos de fractura en las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE10…….. 347

Figura 9.37. Digestión en elementos craneales y postcraneales de TE10……..…. 350

Figura 9.38. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE10…….…..... 355

Figura 9.39. Figura 9.39. Redondeamiento en un fragmento diafisal de TE10..... 356

Figura 9.40. Representación gráfica del NMI de TE11……..…… 359

Figura 9.41. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE11 según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla…….… 360

Figura 9.42. Gráfico de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE11……..… 362

Figura 9.43. Tipología de fractura de los cráneos-maxilares de TE11……..... 362

Figura 9.44. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE11…… 363

Figura 9.45. Alteraciones por digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de TE11…….…..…..… 366

Figura 9.46. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE11…….…… 370

Figura 9.47. Representación gráfica del NMI de TE12.....……...…… 373

Figura 9.48. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE12 según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla…….… 375

Figura 9.49. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE12…….… 376

Figura 9.50. Gráfico de la tipología de fractura de los cráneos-maxilares……..... 377

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 9.51. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE12……...……. 378

Figura 9.52. Digestión en elementos de TE12…….…... 381

Figura 9.53. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9a…….…… 385

Figura 9.54. Diagrama de las modificaciones postdeposicionales en base al porcentaje de elementos alterados en cada nivel de Sima del Elefante…….. 396

Figura 10.1. Planta actual de TD10. En gris se ha marcado el sector excavado durante el Sondeo bioestratigráfico……..……. 411

Figura 10.2. Sección y litoestratigrafía de Gran Dolina…….…… 413

Figura 10.3. Vista general del yacimiento de Gran Dolina durante las primeras intervenciones arqueológicas…….. 415

Figura 10.4. Detalle de la excavación del sondeo de Gran Dolina en su paso por el nivel TD6 415

Figura 10.5. Excavación actual del nivel TD10…….……. 415

Figura 10.6. Actual vista del nivel TD6…….……. 415

Figura 10.7. Dientes *in situ* de *Homo antecessor* recuperados en TD6……..……. 415

Figura 10.8. Restos de *Homo antecessor* de TD6…….…….. 416

Figura 10.9. Industria lítica en caliza del nivel TD6…….…….. 416

Figura 10.10. Maxilar infantil de *Homo antecessor* de TD6…….……. 416

Figura 10.11. Industria lítica en sílex del nivel TD6…….……. 416

Figura 10.12. Industria lítica en cuarcita del nivel TD10…….…….. 419

Figura 10.13. Planta del sondeo de Gran Dolina en el nivel TD6…….……. 440

Figura 11.1. Sección de Gran Dolina…….……. 438

Figura 11.2. Planta del sondeo en el nivel TD6…….……..... 439

Figura 11.3. Representación gráfica del NMI de TDE5 base……..…….. 441

Figura 11.4. Índice de abundancia relativa para los elementos de TDE5 base……...…… 443

Figura 11.5. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TDE5 base…….……... 444

Figura 11.6. Trazas de digestión identificadas en diversos elementos de TDE5 base……..... 447

Figura 11.7. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TDE5 base……..….. 451

Figura 11.8. NMI de TDE5 techo.....…….……. 454

Figura 11.9. Gráfico del índice de abundancia relativa para los elementos de TDE5 techo….. 455

Figura 11.10. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TDE5 techo…….. 456

Figura 11.11. Digestión en los restos de TDE5 techo…….…… 459

Figura 11.12. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TDE5 techo…..……..…. 462

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 11.13. Gráfico del NMI de TD6-3……..…. 467

Figura 11.14. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TD6-3…….…….. 468

Figura 11.15. Tipos de fractura que presentan los restos postcraneales de TD6-3……..… 469

Figura 11.16. Digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de TD6-3……..….. 472

Figura 11.17. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TD6-3……..… 475

Figura 11.18. Representación gráfica del NMI de TD6-2…….. 478

Figura 11.19. Índice de abundancia relativa para los elementos de TD6-2…… 479

Figura 11.20. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TD6-2……...……... 481

Figura 11.21. Elementos modificados por digestión de TD6-2……..…. 484

Figura 11.22. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TD6-2……..… 488

Figura 11.23. Representación gráfica del NMI de TD6-1…….……. 490

Figura 11.24. Índice de abundancia relativa para los elementos de TD6-1……..….. 492

Figura 11.25. Tipos de fractura de los restos postcraneales de TD6-1……..…… 493

Figura 11.26. Digestión en TD6-1……..…. 496

Figura 11.27. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TD6-1…….…… 499

Figura 11.28. Diagrama de las modificaciones postdeposicionales en base al porcentaje de elementos alterados en los niveles TDE5 y TDE6 de Gran Dolina……. 512

Figura 12.1. Diagrama que resume las alteraciones postdeposicionales de los niveles estudiados de Sima del Elefante y de Gran Dolina…….……. 535

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Volumen I

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 1

Introducción

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A lo largo de la historia, los entes fósiles y su origen han suscitado entre los humanos un gran interés relacionado con el conocimiento del pasado. Actualmente, conocer el origen y la formación de los fósiles se ha convertido también en uno de los objetivos principales de las investigaciones prehistóricas. Por ello, son frecuentes los estudios tafonómicos en gran parte de los yacimientos arqueo-paleontológicos de cronología diversa.

Inicialmente, estos estudios sólo abarcaban el registro faunístico (razón por la que esta ciencia está vinculada a la Paleontología), mientras que hoy, las investigaciones tafonómicas se han extendido a numerosos tipos de registro fósil, como la industria lítica, las maderas, los carbones, los pólenes, los fitólitos, etc. Además, durante el desarrollo de esta ciencia, la Tafonomía ha adquirido un carácter multidisciplinar, ya que ha sido capaz de obtener conocimiento de otras ciencias al mismo tiempo que proporciona información de los procesos pretéritos a disciplinas como la Sedimentología, la Micromorfología, la Estratigrafía, la Bioestratigrafía, la Paleoecología, la Arqueología o la Paleobotánica.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Respecto al registro de micromamíferos, la necesidad de los estudios tafonómicos es muy posterior a la de los estudios sobre el registro de macrovertebrados. Las dificultades en las técnicas de recuperación de los pequeños restos fósiles provocaron un cierto desconocimiento hasta mediados del siglo XX. A partir de entonces, la aplicación de las técnicas de lavado y tamizado amplían el registro fósil de estos grupos, surgiendo las primeras preguntas sobre el origen de estos restos de pequeño tamaño.

Tradicionalmente, en yacimientos del Cuaternario, la presencia de unas u otras especies fósiles de micromamíferos, sobre todo roedores, sugería una edad aproximada y un paleoecosistema determinado para los sedimentos de deposición. Sin embargo, estos fósiles no siempre poseen la misma cronología ni mantienen la misma ubicación que dichos sedimentos, por lo que deben tenerse en cuenta los análisis tafonómicos. Como se verá en capítulos posteriores, en la mayoría de las ocasiones el origen de estos taxones en el registro está relacionado con la predación, suponiendo un primer sesgo a tener en cuenta en las interpretaciones paleoecológicas. Así, los análisis tafonómicos están dirigidos a identificar el predador mayoritario causante de la acumulación, pudiendo valorar dicho sesgo. Al mismo tiempo, complementan las interpretaciones paleoecológicas realizadas con la taxonomía de los pequeños vertebrados, mediante el hábitat preferencial de la especie del predador identificado.

No obstante, la identificación del predador es sólo una parte de los resultados de la tafonomía de micromamíferos. En su aplicación a cualquier tipo de registro fósil la tafonomía permite conocer el ambiente de deposición y los procesos de formación de los yacimientos. De este modo, la metodología tafonómica aplicada a micromamíferos permite conocer los agentes, mecanismos y procesos tafonómicos que han intervenido en la formación de una asociación fósil determinada.

Las modificaciones relacionadas con la predación son múltiples y pueden afectar a la asociación de diferentes formas y en distinto grado. Ello conlleva que la dedicación a este agente tafonómico sea amplia y condicione parte del discurso expuesto en esta Tesis. Ello no debe ser entendido como la concesión de una mayor importancia a este proceso y a las alteraciones que conlleva, sino como un procedimiento más largo y laborioso relacionado con las propias características de los conjuntos de micromamíferos. Se debe tener en cuenta que la acción del predador es temporalmente muy acotada, mientras que la influencia de los agentes de origen postdeposicional se da a lo largo de todo el proceso de fosilización, siendo los principales condicionantes para la preservación de dichos restos hasta la actualidad. Por ello, estos agentes y procesos tafonómicos poseen una importancia significativa.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Además, las modificaciones de las dos partes del estudio no pueden ser aisladas, sino que deben ser consideradas como un todo. Así, pues, no se trata de observar unas u otras alteraciones para obtener una u otra interpretación, sino de relacionarlas para adquirir una completa información del proceso de fosilización de la asociación tafonómica registrada.

Los estudios tafonómicos sobre conjuntos de micromamíferos no son excesivamente prolíficos. Menos aún en períodos cronológicos enmarcados en el Pleistoceno Inferior. Además, los yacimientos de estas cronologías asociados a presencia humana son escasos. Por esta razón, los yacimientos estudiados en esta Tesis son tan relevantes.

En la actualidad, Sima del Elefante y Gran Dolina poseen el registro arqueopaleontológico más antiguo de la Sierra de Atapuerca y uno de los más antiguos de la Península Ibérica. En ambos yacimientos se halla un amplio y variado registro fósil, donde se incluyen restos óseos y dentales de grandes y pequeños vertebrados, industria lítica en diversa materia prima y restos carpológicos y polínicos. Asimismo, cabe destacar que en ambos yacimientos se han hallado restos humanos pertenecientes a la especie *Homo antecessor* en cronologías cercanas a 1,2 Ma. (TE9) y a 0,85-0,75 Ma. (TD6), evidenciando la presencia de homínidos en la Sierra.

En los yacimientos de la Sierra de Atapuerca los estudios paleoecológicos, llevados a cabo desde diferentes disciplinas como la Sedimentología, la Paleontología, la Palinología y la propia Tafonomía, entre otras, son numerosos. Cada una de ellas dibuja un paisaje de la Sierra y, aunque no siempre los resultados son completamente coincidentes entre sí, permiten detectar la existencia de diversos matices dentro de un ecosistema. Dicho ecosistema y el registro arqueopaleontológico han permitido conocer el hábitat y la cultura de los homínidos europeos desde el Pleistoceno Inferior hasta el Holoceno.

Los estudios tafonómicos en los restos de micromamíferos no son nuevos en la Sierra de Atapuerca. Con anterioridad a este trabajo se realizó un amplio y completo estudio de los micromamíferos fósiles de las secuencias de Gran Dolina, Trinchera Penal y Complejo Galería (Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996; 1999; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992). A través de los resultados obtenidos de estas investigaciones se realizaron las primeras interpretaciones paleoecológicas de estos yacimientos, esbozando un completo ecosistema en la Sierra de Atapuerca. Los resultados obtenidos en la presente Tesis amplían cronológicamente el conocimiento sobre este ecosistema y los procesos de formación de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, al mismo tiempo que plantean nuevas problemáticas y retos que muestran la necesidad

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

de continuar esta línea de investigación en la propia Sierra y en otros conjuntos europeos.

1.1. Problemática

Tal y como se verá posteriormente, uno de los objetivos de la tafonomía de micromamíferos es realizar aproximaciones paleoecológicas. Este tipo de interpretaciones son muy comunes en el estudio del Cuaternario, especialmente en el Pleistoceno Medio y el Pleistoceno Superior, a través de disciplinas como la Sedimentología, la Geología, la Paleontología o la Arqueobotánica. Sin embargo, y si bien han experimentado un importante aumento cuantitativo durante las últimas décadas, las inferencias paleoecológicas en el Pleistoceno Inferior son mucho menos frecuentes. Algunas de las causas pueden ser la presencia de un menor número de yacimientos en el continente europeo y las dificultades para obtener un registro más o menos completo que permitan esas inferencias. Una excepción se halla en la Sierra de Atapuerca, donde se han obtenido diversas interpretaciones de carácter ecológico a partir de diversos materiales y métodos en los yacimientos de Sima del Elefante y Gran Dolina.

La Tafonomía se enfrenta con dos grandes problemáticas en el estudio de los pequeños mamíferos. La primera de ellas hace referencia a la taxonomía de micromamíferos y las interpretaciones que se realizan en base a ella. En segundo lugar se halla la reconstrucción del ambiente de deposición y del origen y la formación del nivel donde se depositan los restos.

Como hemos visto, la taxonomía y la sistemática han utilizado los micromamíferos, especialmente los pertenecientes al orden Rodentia y Eulipotyplha, como indicadores cronológicos y ecológicos donde se han preservado (Chaline y Michaux, 1969; 1974; Chaline, 1987). Sin embargo, estas inferencias no pueden realizarse sin tener en cuenta el origen de los fósiles y su relación con el sedimento en el que están depositados.

Generalmente, para las interpretaciones biocronológicas en base a los micromamíferos se utiliza la presencia y/o ausencia de un grupo o asociación de determinados taxones en un estrato. Sin embargo puede no existir una relación directa entre los taxones y el sedimento que los contiene. Así, esta presencia puede verse variada si la incorporación de los restos se realiza con independencia a los sedimentos y ambos poseen distinta cronología. Además, en la formación del yacimiento pueden participar diversos procesos de resedimentación y reelaboración que modifiquen la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

deposición primaria de los taxones de micromamíferos con los que se realizan dichas interpretaciones biocronológicas.

En cambio, para las interpretaciones de carácter paleoecológico se utiliza la abundancia relativa de unos u otros taxones entre la asociación. Así, y en base a datos ecológicos actuales, se establecen asociaciones entre un tipo de fauna y el hábitat que ocupan. El dominio de determinadas especies puede ser una medida de predicción del clima y del hábitat (Krebs, 1978). Al basarse en la abundancia de unos u otros taxones y no en la estructura general de la comunidad, las indicaciones ecológicas realizadas son menos seguras, puesto que dicha abundancia puede estar relacionada con el sesgo que realiza el predador en base a sus preferencias dietéticas (oportunista o selectivo), amplitud y diversificación del territorio de caza, tamaño y disponibilidad de la presa, etc. De este modo, las especies representadas en el sedimento no corresponderían con la paleocomunidad viva.

Además, cabe la posibilidad de que las regurgitaciones o defecaciones de varios predadores se mezclen tras su producción en un mismo ambiente, dando lugar a un único conjunto de microvertebrados. En los conjuntos resultantes, no siempre es posible detectar la mezcla ni identificar a los predadores a través de las alteraciones que realizan sobre los restos consumidos. Sin embargo, para realizar inferencias paleoecológicas correctas es necesario identificar la presencia de una mezcla, bien sea a través de las alteraciones realizadas por los predadores o bien a través de las alteraciones postdeposicionales.

En cavidades, las fuentes de aporte de los restos fósiles pueden ser diferentes de los mecanismos de sedimentación (Fernández-Jalvo, 1992). Así, se pueden hallar restos de individuos que ocupan temporal o permanentemente la cavidad, como los restos de murciélagos o anfibios (Andrews y Cook, 1985; Andrews, 1990). También se pueden hallar restos provinentes de trampas naturales en las fisuras o grietas de la cavidad (Szafer, 1957; Voorhies, 1974), así como animales o restos de animales introducidos en la cueva por predadores o carroñeros (rapaces, pequeños mamíferos); o por animales recolectores, como los roedores o puercoespines (Brain, 1980; 1981). Sin embargo, la fuente de aporte más frecuente de esqueletos o fósiles en una cavidad son los agentes físicos, como las corrientes de agua, las coladas de barro, o la acción de la gravedad.

Una vez los restos entran en la cavidad están sujetos a unas condiciones ambientales diferentes a las que experimentan fuera de ella, y, de este modo, también estarán sujetos a unos mecanismos de alteración diferentes.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Así, la identificación de las alteraciones de origen postdeposicional en la superficie de los restos de micromamíferos, al igual que en cualquier otro tipo de registro fósil, proporciona información sobre las fuentes de aporte, el ambiente de fosilización y los distintos procesos de formación del nivel donde se registran los elementos. El conjunto de alteraciones puede ayudar a reconstruir la historia tafonómica de la asociación registrada e indicar el estadio mecánico de conservación del tafón estudiado. De este modo, es posible reconstruir el medio que rodea dicha asociación, o lo que es lo mismo, el tafosistema.

Además de la problemática general descrita, se debe tener en cuenta que existe una problemática más específica, que se desprende del propio registro y que se mostrará a lo largo de esta Tesis Doctoral.

1.2. Hipótesis y objetivos

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente expuesta, se describen aquí dos grandes hipótesis. Por un lado, y dada la amplitud del período cronológico que se abarca en esta Tesis (entre 1,2 y 0,8 Ma. aproximadamente), se parte de la hipótesis general de que existen variaciones en el paleoambiente general de la Sierra de Atapuerca y en las condiciones ambientales del tafosistema que rodea a los fósiles estudiados.

Por otro lado, y teniendo en cuenta que se ha argumentado en investigaciones anteriores una amplia diversidad taxonómica y una continuidad en la presencia humana durante el Pleistoceno, se deduce que el paisaje de la Sierra de Atapuerca posee las propiedades de riqueza y variedad necesarias para que se produzca dicha diversidad y continuidad.

En relación a estas hipótesis se establecen los siguientes objetivos principales:

- Identificar y describir los rasgos paleoambientales de la Sierra de Atapuerca y su evolución a lo largo del período del Pleistoceno Inferior que abarcan los yacimientos de Sima del Elefante y Gran Dolina, describiendo y delimitando las rupturas y continuidades paleoecológicas observadas.
- Enmarcar estas interpretaciones paleambientales en el Pleistoceno Inferior de la Península Ibérica y del continente europeo.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

- Identificar y describir la evolución del tafosistema cárstico en Sima del Elefante y Gran Dolina durante la formación de los niveles estudiados.

En relación a la problemática y objetivos generales anteriormente expuestos, en la presente Tesis Doctoral se analizan desde el punto de vista tafonómico cerca de 14000 restos fósiles procedentes de los niveles inferiores de Sima del Elefante (TE9-TE14) y de dos niveles de Gran Dolina (TDE5 y TD6).

Se parte de la hipótesis principal que el origen de los conjuntos de micromamíferos de Sima del Elefante y de Gran Dolina está relacionado con la actividad biológica de predadores. De refutarse esta hipótesis en alguno de los niveles cabría esperar que los elementos fósiles respondieran a diversas intrusiones naturales como trampas o madrigueras.

Si es posible identificar la predación como origen de la asociación, es posible que se pueda identificar al predador mayoritario que participa en ella o, en su defecto, la mezcla de predadores. Si, por el contrario, no es posible identificar al predador/es, se deberán realizar las inferencias paleoecológicas a través de los taxones de roedores e insectívoros con especial cuidado.

Una vez se ha identificado el predador mayoritario o predadores, se debe valorar, para cada uno de los niveles, el modo de predación que realiza. Generalmente, se presupone que los predadores poseen caracteres oportunistas y que los conjuntos de micromamíferos que producen son representativos de las especies biológicas halladas en el ecosistema de caza. Sin embargo, el modo de predación puede ser selectivo, por lo que la abundancia de los taxones representados responde a las preferencias dietéticas del predador. Así, los conjuntos acumulados pueden no ser un reflejo de la paleobiosfera. En este hipotético caso, las interpretaciones paleoecológicas resultantes de las abundancias relativas de los taxones de micromamíferos deberán ser realizadas con cautela.

El origen de la deposición de los restos puede ser diferente en cada uno de los niveles estudiados. Las acumulaciones de micromamíferos son comunes en las inmediaciones de los nidos o reposaderos de rapaces, situados en las grietas de cavidades, bosques, huecos de árboles, etc. Así, la incorporación de los restos a los sedimentos cársticos debe estar relacionada con el transporte por agentes mecánicos como, por ejemplo, el agua o el transporte gravitacional. De este modo, los restos se hallan en posición secundaria. Sin embargo, también se pueden encontrar acumulaciones de micromamíferos predados en el interior de las cavidades. Diversos estudios etológicos contemplan que algunas rapaces pueden realizar sus nidos en las

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

entradas de las cuevas y que algunos pequeños carnívoros las utilizan como letrina. De este modo, se podrían hallar asociaciones de micromamíferos en cavidades en situación primaria.

Con esta Tesis, se espera poder reconocer los mecanismos o procesos que intervienen en la formación de cada uno de los niveles de los dos yacimientos estudiados. De forma hipotética, los mecanismos de formación deberían estar en consonancia con el ambiente cárstico de deposición. Si, por el contrario, los mecanismos de formación sugieren una fosilización exocárstica, se debería plantear nuevas hipótesis, como la posibilidad de una incorporación de los restos de micromamíferos posterior a la formación del estrato de deposición.

En la presente Tesis, y según las hipótesis planteadas anteriormente, se establecen una serie de objetivos específicos para cada uno de conjuntos fósiles estudiados de Sima del Elefante y Gran Dolina:

- Identificar el agente productor de la asociación de micromamíferos.
- Identificar el agente acumulador del conjunto.
- Reconocer el modo de predación de estos depredadores, lo que permite valorar las interpretaciones paleoecológicas derivadas de los estudios taxonómicos de micromamíferos.
- Establecer los rasgos paleoambientales de la Sierra de Atapuerca durante el período de formación de los niveles estudiados, en base a los hábitat preferenciales de los predadores identificados.
- Describir y delimitar la existencia de rupturas, continuidades o evoluciones paleoecológicas según los predadores identificados en la secuencia.
- Caracterizar tafonómicamente la orictocenosis de cada yacimiento. Ello incluye determinar el origen de la deposición de los restos de micromamíferos (interior o en el exterior de la cavidad) e identificar los mecanismos de aportación o transporte de los restos y los procesos de formación del nivel.
- Identificar e interpretar las características del ambiente endocárstico durante la formación de los niveles a través de las alteraciones postdeposicionales y mostrar la evolución de las condiciones microambientales a través del análisis diacrónico de los dos depósitos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

- Hallar diferencias y/o similitudes en la intervención de los distintos agentes que hayan afectado a los conjuntos y determinar si dichas diferencias o similitudes se deben a algún tipo de condicionante como el tipo de sedimentación o el ambiente.
- Identificar la influencia del microambiente de cada depósito en la posibilidad de ocupación de la cavidad por parte de los homínidos de la Sierra de Atapuerca.
- Identificar los estados mecánicos de conservación de las diferentes asociaciones fósiles.

Como se verá en los capítulos posteriores, una de las discusiones vigentes en la actualidad sobre Sima del Elefante es el origen de la inclinación observada en los niveles inferiores del paquete sedimentario. Se contemplan dos hipótesis diferentes. En la primera, se plantea que los sedimentos de este paquete corresponden a un buzamiento primario. En la segunda, se contempla la existencia de una discordancia secundaria originada por el colapso de los depósitos inferiores. Mediante el estudio tafonómico de micromamíferos se pretende apoyar una u otra hipótesis.

De este modo y en base a esta hipótesi, otro objetivo a tener en cuenta para el conjunto arqueopaleontológicos de Sima del Elefante es averiguar el origen de la inclinación del paquete de TELRU

1.3. Estructura del trabajo

El volumen de restos de esta Tesis Doctoral, donde se incluyen cerca de 16000 elementos actuales en la experimentación y aproximadamente 14000 restos fósiles, requiere de un esfuerzo adicional para la ordenación y estructuración de los datos que ofrecen. Este trabajo se nutre de las aportaciones realizadas por otros estudios y se enmarca en un equipo de investigación multidisciplinar y transdisciplinar. Por ello, se necesita de una exposición neta, clara y concisa, en una estructura donde sea fácil encontrar la información necesaria para el lector. Tal vez por ello, en ocasiones, esta información puede ser retomada o estar repetida en varios apartados.

Así, en este trabajo se pueden hallar cuatro partes diferentes:

- Parte teórica: En esta parte se incluyen la problemática, las hipótesis y los objetivos de la presente Tesis, además de los antecedentes a este trabajo y la descripción metodológica utilizada. En la descripción del

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

método utilizado se utilizan dos grandes bloques: por un lado, las alteraciones que pueden estar relacionadas con la predación (representación, fractura y digestión) y por otro, las alteraciones de origen postdeposicional. Se debe incluir aquí también la recopilación de datos del Pleistoceno Inferior en Europa, donde se enmarca este período cronológico y se describen diversos yacimientos de cronología similar a la de Sima del Elefante y Gran Dolina. De este modo, se contextualiza la paleoecología de Europa con anterioridad a la exposición de nuestros datos.

- Parte experimental, donde se trabaja y valora la hipótesis de las mezclas en conjuntos de micromamíferos y la posibilidad de ser identificadas en conjuntos fósiles. Esta es una herramienta que servirá, con posterioridad, al mejor conocimiento de los conjuntos fósiles procedentes de una mezcla de varios predadores.

- Estudio tafonómico de micromamíferos fósiles. Esta parte conforma el núcleo de la Tesis y es posible diferenciar tres tipos de información para cada uno de los yacimientos estudiados:

  - Presentación del yacimiento y de los datos estratigráficos, cronológicos, paleontológicos, arqueológicos y paleoecológicos disponibles en la actualidad.

  - Presentación de los datos de la tafonomía de micromamíferos en cada uno de los niveles y subniveles del yacimiento estudiado. En esta presentación se ha intentado seguir la estructura planteada en la metodología, por lo que se estudia la representación, fractura y digestión de cada uno de los conjuntos con la finalidad de identificar al predador mayoritario causante de la acumulación o a los predadores que participan en la mezcla. Posteriormente se estudian las alteraciones de carácter postdeposicional que permiten describir los procesos que intervienen durante la fosilización.

  - Discusión diacrónica de los datos obtenidos en el estudio. A través del predador o predadores identificados y los procesos de formación del estrato se infieren y discuten las condiciones paleoecológicas locales y el microambiente más inmediato de fosilización.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

- Finalmente, en la última parte, incluimos la discusión general de toda la información aportada y las conclusiones del estudio realizado. Además, conscientes de que en algunas cuestiones no se ha profundizado lo suficiente y con la finalidad de abordar nuevos problemas que han surgido durante la realización de la Tesis, se ha incluido un apartado de perspectivas para un futuro.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 2

Antecedentes

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A lo largo de la historia ha existido una especial inquietud sobre la información que aportan los fósiles y los procesos de formación de un yacimiento arqueológico o paleontológico. Desde la Antigua Grecia existía una preocupación por la naturaleza de los fósiles (Cadée, 1990), pero no fue hasta finales del siglo XIX cuando esta inquietud dio lugar a unos principios básicos definidos y relacionados con los procesos de fosilización. Investigadores como Buckland, Lyell y Lartet observaron la existencia de marcas superficiales y la fragmentación de los restos óseos fósiles e intentaron explicar las causas en numerosos trabajos (Lyman, 1994).

A partir del siglo XX se inicia el proceso de definición de una ciencia que se ocupa del estudio de estas marcas superficiales en los huesos fosilizados, intentando responder al origen de las acumulaciones que dan lugar a la formación de yacimientos. El paleontólogo ruso Ivan A. Efremov se cuestionó, como hicieron en su día Darwin y Weigelt (1927), acerca de la escasez y del sesgo del registro fósil y geológico, observando el vacío existente entre la Paleontología y la Geología. En 1940, a modo de respuesta, Efremov definió la *Tafonomía* (del griego *taphos*, enterramiento; y

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

nomos, leyes), como la disciplina que permite conocer los procesos de enterramiento y fosilización, y, por tanto, los procesos de formación de los yacimientos. Con esta nueva disciplina se crea un puente entre la Paleontología y la Geología, pudiendo ayudarse de disciplinas como la Paleobiología, Micromorfología, Etología, Etnografía, del mismo modo que éstas se nutren de la Tafonomía.

Las leyes que condicionan el enterramiento, y que la Tafonomía estudia, nos ayudan a entender, en primer lugar, los procesos existentes entre la muerte del animal hasta que se entierra y, en segundo lugar, los procesos de alteración física y química una vez los restos ya están enterrados. Es decir, la Tafonomía estudia el paso de entidades biológicas desde la biosfera a la litosfera (Efremov, 1940).

Efremov (1940, 1953) otorgó en sus estudios una especial relevancia al enterramiento y a los procesos que intervienen sobre el resto antes del enterramiento ya que, en su opinión, en este lapso de tiempo en que la materia orgánica no se ha sustituido por substancias minerales, se produce la mayor pérdida de información.

Dentro de la Tafonomía se hallan dos disciplinas científicas o subsistemas tafonómicos diferenciados por los conceptos, aplicaciones, objetivos y métodos específicos utilizados. Antes del propio nacimiento de la tafonomía, en 1927, desde la escuela alemana, Weigelt propuso el término *Biostratinomía*. Esta disciplina tafonómica estudia los diferentes factores ambientales que afectan a los restos orgánicos en la superficie sedimentaria. Weigelt no llegó a establecer unas leyes generales que acotasen esa nueva disciplina y su aplicación, dando lugar a interpretaciones diversas de diferentes autores. Originariamente, Weigelt (1927) situaba esta disciplina entre la paleobiología y la fosilización, aunque autores posteriores, como Lawrence (1968), la incluyeran dentro de la paleoecología y actualmente se sitúe entre la Paleoecología, la Paleobiogeografia, la Evolución y la Biocronología (Fernández-López, 1991).

La segunda disciplina tafonómica fue propuesta por Müller en 1963 bajo el término *Fosildiagénesis*. Esta disciplina estudia los eventos que afectan a los restos orgánicos mientras están enterrados. Lawrence (1971) ordenó estos términos proponiendo que la Tafonomía es la ciencia que se ocupa del tránsito de los restos orgánicos de la Biosfera a la Litosfera, subdividida, a la vez, en la Biostratinomía, dedicada a los procesos que afectan a los restos con anterioridad al enterramiento, y la Fosildiagénesis, como estudio de las alteraciones que afectan al resto con posterioridad al enterramiento.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Existe cierta ambigüedad en el momento de establecer el límite entre la biostratinomía y la fosildiagénesis. Al considerar estas disciplinas tafonómicas como dos fases lineales de la fosilización, para establecer el limite entre ambas, se tiene en cuenta en qué estadio del enterramiento acaban los procesos biostratinómicos e inician los fosildiagenéticos. Algunos autores defendieron que la fosildiagénesis se inicia después de la deposición (Müller, 1979), situando allí el límite entre las dos disciplinas. Otros situaron el límite tras el inicio del enterramiento (Fernández-López, 1988; 1989; 2000; Fernández-López y Fernández-Jalvo, 2002), mientras que unos pocos lo instalaron tras el fin del enterramiento (Lawrence, 1971) (Tabla 2.1). Indiferentemente de la situación de este límite, se debe entender la biostratinomía y la fosildiagénesis como dos fases (consecutivas o no consecutivas) dentro del proceso de fosilización, teniendo en cuenta que el factor determinante entre ellas es el inicio del enterramiento.

Como se ha apuntado anteriormente, el interés por el origen del registro fósil surgió hacia finales del siglo XIX. Sin embargo, este interés no fue unánime para todo tipo de restos biogénicos. Las primeras preguntas sobre el origen de los restos de mamíferos de pequeño tamaño en el registro fósil se produjeron con posterioridad, en la segunda mitad del siglo XX. Estos animales están abarcados en un grupo también conocido como micromamíferos, donde paleontólogos y zooarqueólogos incluyen a aquellos mamíferos menores a 5 Kg. de peso (Delany, 1974; Boulière, 1975). Más ampliamente, el grupo de micromamíferos incluye a todos aquellos mamíferos cuyos restos esqueléticos son tan pequeños que requieren de técnicas micropaleontológicas para su recuperación. Los roedores, insectívoros y quirópteros son los grandes órdenes que conforman este grupo.

El origen de las acumulaciones de restos de micromamíferos en yacimientos paleoarqueológicos ha suscitado la aparición de diferentes hipótesis a lo largo de la historia. Todas estas hipótesis parten de que la preservación o fosilización de un pequeño mamífero muerto por causas naturales es poco probable y poco propicia para la agrupación de los restos (Kowalski, 1990; Denys *et al.*, 1997). Algunos autores contemplaron la posibilidad de que fuertes corrientes hídricas fueran capaces de transportar pequeños individuos (o sus restos) junto con finas partículas sedimentarias, siendo posteriormente depositadas en un mismo lugar (Dodson, 1973; Shipman, 1981). Esta posibilidad estaría sujeta a la existencia de otras evidencias que confirmasen un aporte hídrico, tales como litofacies de origen lacustre o fluvial, alta pérdida de elementos esqueléticos y/o abundantes alteraciones tafonómicas superficiales (abrasión), entre otros. Otra hipótesis sugiere que las acumulaciones de micromamíferos pueden deberse a trampas naturales. En la naturaleza, este tipo de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

"estructuras" son relativamente habituales y en el interior se localizan concentraciones de micromamíferos (Szafer, 1957; Voorhies, 1974; Andrews, 1990). También como consecuencia de las trampas naturales, ya que se observa en la naturaleza la existencia

Muerte/ Producción biogénica	Inicio enterramiento	Inicio exhumación	Fin enterramiento	Fin exhumación	Hoy	Citas
Fosilización						Lyell, 1833
Fosilización						Orbigny, 1849
Fosilización						Deecke, 1923
Biostratinomía			Fosilización			Weigelt, 1927
Acumulación (concentración)	Enterramiento (transporte y sedimentación)		Fosilización (Mineralización y diagénesis)			Efremov, 1940
Tafonomía						
Necrólisis	Fosil diagenesis		Fosildiagénesis			Müller, 1951; 1963; 1979
Biostratinomía						
Fosilización (Tafonomía)						
Biostratinomía			Fosildiagénesis			Lawrence, 1968; 1971; 1979
Tafonomía						
Biostratinomía			Diagénesis Meteorización			Rolfe y Brett, 1969
Tafonomía						
	Prefosilización		Fosilización o fosil diagénesis			Seilacher, 1973
Biostratinomía						
Tafonomía						
Sedimentación I	Diagénesis I	Sedimentación II	Diagénesis II			Seilacher, 1984
Tafonomía						
Biostratinomía	Fosildiagénesis					Fernández López, 1984; 1988; 1989; 2000
Tafonomía						
Necrología	Biostratinomía		Diagénesis			Behrensmeyer y Kidwell, 1985
Tafonomía						
Necrólisis	Fosil diagénesis	Biostratinomía 2	Fosil diagénesis			Wilson, 1988
Biostratinomía 1						
Tafonomía						
Necrólisis	Prefosilización	Biostratinomía	Fosilización Meteorización			Seilacher, 1992
Biostratinomía	Fosil diagénesis		Fosil diagénesis			
Tafonomía						
Fosilización						Dauphin *et al*., 1994; 1999
Tafonomía			Diagénesis			

Tabla 2.1. Diferentes sistemas de clasificación utilizados para interpretar el inicio y el final de los subsistemas conceptuales de la tafonomía según cada uno de los autores. Modificado de Fernández-López y Fernández-Jalvo (2002).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

de estas trampas con restos de micromamíferos en su interior y se identifica este tipo de asociaciones en conjuntos fósiles del continente africano. Asimismo se identificaron enterramientos catastróficos en madrigueras o lugares de hibernación o estivación de diferentes microvertebrados fósiles (Andrews y Cook, 1985). Sin embargo, en ambos tipos de asociaciones, los conjuntos fósiles se caracterizan por estar formados por todos los elementos esqueléticos de los individuos presentes, un buen estado de conservación y con pocas alteraciones superficiales. Las asociaciones de micromamíferos resultantes de las acumulaciones de origen hídrico, las trampas naturales o los enterramientos catastróficos son poco comunes pero tafonómicamente identificables.

La que se ha considerado, desde los años 70, la causa más probable y común de las agrupaciones de estos pequeños restos fósiles es la ingestión, digestión y deposición por parte de predadores que consumen micromamíferos. Según Korth (1979), McGrew ya sugirió en 1963 que los restos de micromamíferos fósiles hallados en cronologías del Terciario y del Pleistoceno podían deberse a la acumulación de heces de carnívoro. Autores como Brodkorb (1959) y Etheridge (1965) añadieron a esta primera premisa la posibilidad de que pudieran deberse también a la acumulación formada por las regurgitaciones de rapaces nocturnas. No fue hasta el año 1974 cuando Mellet comparó los restos de heces de pequeños carnívoros con los restos de micromamíferos fósiles del Eoceno, concluyendo que dichas acumulaciones podrían tener un posible origen escatológico y proponiendo el término *coprocenosis* para este tipo de depósitos. Unos años más tarde, en 1977, Mayhew sugirió que los conjuntos de micromamíferos pudieran deberse, además de heces de carnívoros y regurgitaciones de rapaces nocturnas, a las regurgitaciones de rapaces diurnas. Así, a partir de la década de los 80 y hasta el día de hoy han visto la luz numerosos trabajos que tienen por finalidad la identificación del predador causante de la acumulación de micromamíferos en diferentes yacimientos (Chaline y Mein, 1979; Jaeger, 1979; Avery, 1982; Levinson, 1982; Andrews, 1983; 1990; Maas, 1985; Denys, 1986; Denys *et al.*, 1987; Kusmer, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996; Fernández-Jalvo *et al.*, 1998; Andrews y Ghaleb, 1999; Matthews, 2000; Avery, 2001; 2002; Castillo *et al.*, 2001; Montalvo, 2002; Matthews *et al.*, 2005; 2006a; 2006b; entre otros).

De esta manera, cuando las acumulaciones de micromamíferos tienen su origen en aportes de predadores, entre los procesos de carácter biostratinómico que afectan a dichos restos se hallarán, generalmente, alteraciones debidas a la caza, ingestión, digestión y regurgitación o defecación de los restos, además de las modificaciones a las que están expuestos los restos con anterioridad al inicio del

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

enterramiento, como las alteraciones por meteorización, abrasión, pisoteo, etc. Entre los procesos de alteración de carácter fosildiagenético se identifican en los restos de micromamíferos alteraciones como las estrías relacionadas con el pisoteo, surcos producidos por las raíces de plantas y precipitaciones de óxidos de manganeso, entre otras.

Aunque Efremov (1940; 1953) y otros autores (Lawrence, 1971; Seilacher, 1973) otorgaron una especial importancia a la muerte como proceso a partir del cual se inicia la historia tafonómica del fósil, se debe tener en cuenta que la muerte de un organismo no es una condición necesaria para la existencia de un resto o señal (Fernández-López, 1998). Las regurgitaciones y excrementos son señales de intervención (en este caso de carácter nutricional) de entidades biológicas existentes que devienen entidades tafonómicas sin implicar la muerte del autor que las genera (u organismo productor), sino de las presas que el predador ingiere. Son, pues, señales de producción biogénica, como las huellas o los moldes de hojas, pelos, dientes de leche, etc.

Dicho organismo productor imprime su particular alteración sobre la asociación producida (y formada por varios taxones). Así pues, la asociación registrada de micromamíferos fósiles proviene de la conservación de entidades biológicas del pasado de gran importancia ya que contienen caracteres primarios (taxonomía) y caracteres secundarios (resultantes de la alteración tafonómica).

No siempre todos los autores han dado la misma importancia a la información de los caracteres secundarios que a la de los primarios. La Tafonomía surge con la finalidad de responder al porqué de la parcialidad del registro fósil, por lo que la fosilización se concebía como un proceso destructivo al cual únicamente subsistían unos pocos restos de la comunidad biológica representada por los fósiles. Un giro importante en la visión destructiva del proceso de fosilización tiene lugar cunado se empieza a utilizar los principios de la Teoría de la Información en los estudios tafonómicos.

La Teoría de la Información, iniciada por Shannon (1948), es una teoría matemática y estadística que surgió de los problemas que planteaba la ingeniería de las telecomunicaciones. La Teoría de la Información se cuestiona cuál es la capacidad y fidelidad para transmitir información de los diferentes sistemas de comunicación, cuestionándose cuánta información emitida desde la fuente llega al receptor.

La utilización, en un sentido amplio, de los fundamentos de la Teoría de la Información para explicar el proceso de fosilización promovió que los ruidos y la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

redundancia existentes durante la fosilización diesen lugar a una pérdida de información irrecuperable (Tasch, 1965; Lawrence, 1968; Müller, 1979). Durante años se consideró que la intervención de agentes tafonómicos conllevaba una irrecuperable pérdida de información biológica. Hanson (1980) afirmaba que durante la fosilización los diversos agentes de modificación eliminaban los restos menos resistentes, actuando a modo de filtro. Así pues el conocimiento del pasado estaba condicionado por la conservación selectiva del registro fósil. Durante la década del los años 80 el sentido negativo de la fosilización, encabezado por Hanson, convivió con el sentido positivo y dinámico de la misma, guiado por Fernández-López. Este autor consideraba que Hanson planteaba un modelo de fosilización desde un punto de vista individualista y transformista, y que la fosilización era un proceso paleobiológico experimentado por entidades biológicas del pasado (Fernández-López, 1991) (Figura 2.1).

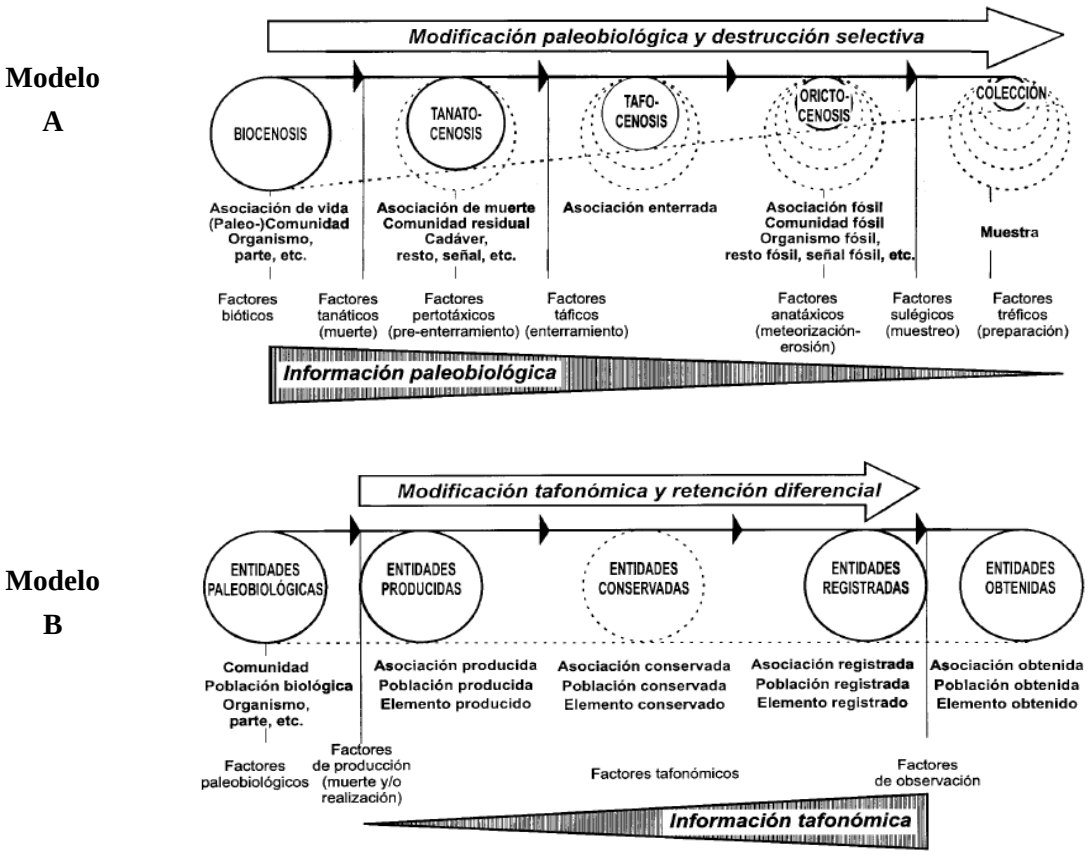

Figura 2.1. Representación gráfica de los dos modelos de fosilización. **Modelo A**. Modificación paleobiológica y destrucción selectiva, donde el proceso de fosilización implica pérdida o disminución de la información paleobiológica. **Modelo B**. Modificación tafonómica y retención diferencial, donde se entiende la fosilización como un proceso no paleobiológico experimentado por entidades tafonómicas, por lo que no implica pérdida o disminución de la información paleobiológica. Extraído de Fernández-López (2000).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Fernández-López ofrece un modelo alternativo al utilizado tradicionalmente: la *Modificación tafonómica y la retención diferencial*. Este modelo contempla la fosilización desde un planteamiento sistemista y evolucionista y se desarrolla teniendo en cuenta los tres grandes postulados de la tafonomía: postulado de producción, de emergencia y de modificación. El postulado tafonómico de *producción* afirma que los fósiles han sido generados, directa o indirectamente, por entidades paleobiológicas. La producción es biogénica cuando se debe a la muerte de un organismo o como resultado de la actividad biológica de un organismo (hojas, huellas, dientes de leche, regurgitaciones o defecaciones) (Fernández-López, 1981). La producción taxonómica es cuando una entidad tafonómica genera otra entidad tafonómica (Fernández-López, 2000).

El postulado de *emergencia* pretende explicar la organización del registro fósil. El autor explica a través de este postulado cómo los sistemas tafonómicos están constituidos por entidades tafonómicas elementales (*elementos tafonómicos o conservados*) o supraelementales (*asociaciones tafonómicas o conservadas*). Todo resto producido puede pasar a ser *entidad registrada*. Cuando existen diferentes entidades registradas que comparten una serie de rasgos pueden denominarse *asociación registrada*. De esta manera, el conjunto formado por una asociación registrada y su medio externo recibe el nombre de *Tafosistema* (Fernández-López, 1984; 1991).

El postulado de modificación afirma que las entidades tafonómicas no son inertes o pasivas y que cualquier entidad tafonómica está involucrada en algún proceso. Los restos fósiles (o *entidades registradas*) no deben considerarse como entidades biológicas del pasado que han cambiado de estado, puesto que poseen diferente naturaleza, composición, estructura y funciones (Fernández-López, 1991). Tal y como se ha descrito anteriormente, toda entidad registrada posee *caracteres primarios* u originales y *caracteres secundarios* o adquiridos. Los primeros son aquellos heredados de las entidades paleobiológicas productoras, es decir, la información taxonómica que está contenida en ellos, mientras que los secundarios se refieren a los caracteres resultantes de la alteración tafonómica. La información paleobiológica del elemento registrado puede estar sesgada respecto a la información original, pero durante la fosilización, ha incrementado la información tafonómica, de valor único que no puede ser obtenida de otra manera. Contrariamente a lo afirmado por Hanson (1980), el proceso de fosilización no es un proceso biológico donde se destruye información, puesto que la evolución orgánica y la evolución tafonómica son dos procesos diferentes (Fernández-López, 1991; 2000).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Consecuentemente, el registro fósil no está incompleto, sino que está formado por todos y cada uno de los elementos registrados. El error de algunos autores proviene de la comparación del registro fósil con la comunidad biológica que debió existir en el pasado.

Cada uno de los elementos o asociaciones conservadas que forman el registro fósil pueden hallarse en uno de los diferentes estadios mecánicos de conservación tafonómica definidos por Fernández-López (1991). De esta manera un elemento registrado pueden estar *acumulado*, *resedimentado* o *reelaborado* (Figura 2.2). La acumulación tafonómica consiste en la incorporación a la litosfera de elementos tafonómicos biogénicamente producidos (como, por ejemplo, la acumulación de esqueletos en el ambiente en que viven o las acumulaciones de peces en el fondo de lagos eutróficos). La resedimentación tafonómica consiste en el desplazamiento de la entidad registrada previamente acumulada y con anterioridad a su enterramiento (es el caso del movimiento de carcasas por agentes subaéreos), mientras que la reelaboración consiste en el desenterramiento y desplazamiento de restos previamente acumulados y/o resedimentados (Fernández-López, 1991; 2000).

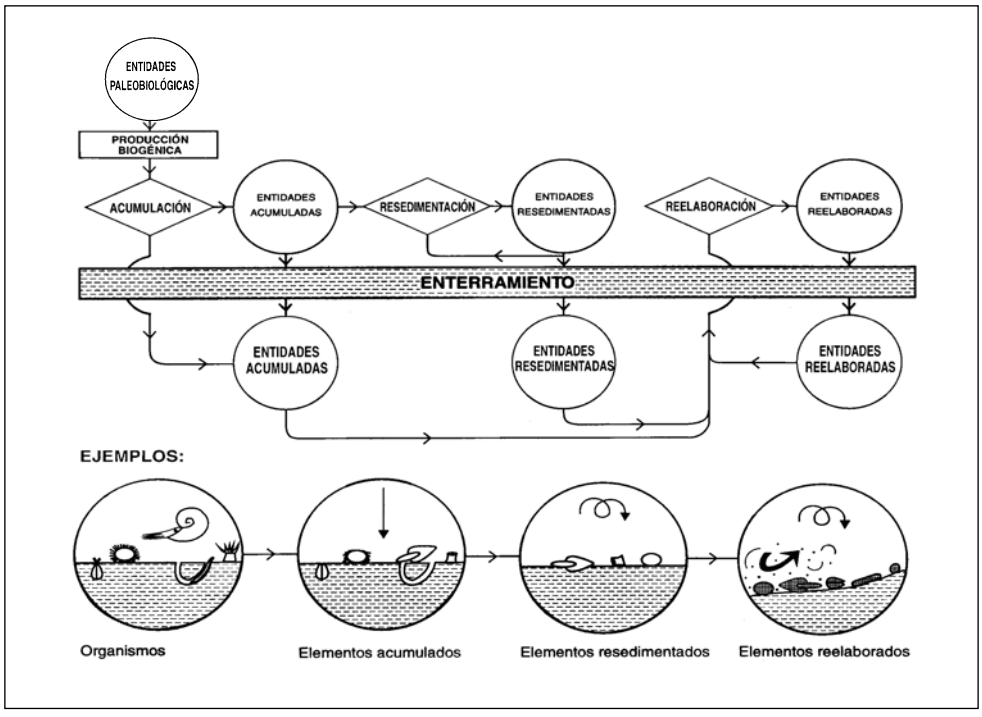

Figura 2.2. Estados mecánicos de conservación de los elementos registrados. La acumulación tafonómica consiste en la incorporación a la litosfera de elementos tafonómicos. La resedimentación es el desplazamiento de la entidad acumulada antes de su enterramiento. Se entiende por reelaboración el desenterramiento y desplazamiento de restos acumulados y/o resedimentados. Extraído de Fernández-López (2000).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

No debemos confundir el estadio mecánico de conservación con el grado de conservabilidad. El grado de conservabilidad no está definido por el estado de conservación en que se encuentre el elemento registrado, sino por la probabilidad de que un *tafón,* o grupo de elementos tafonómicos, sea registrado en un ambiente o conjunto de ambientes (Fernández-López, 1991).

Efremov (1940; 1953) consideraba que la conservación de los restos estaba directamente relacionada con la rapidez en que los restos eran enterrados. Cuanto más tiempo estuviesen los restos expuestos a los agentes subaéreos, menos posibilidades de fosilizar tenían. La mayoría de trabajos tafonómicos realizados a partir de la década de los 80, especialmente los de carácter experimental, se relacionan con los procesos de alteración que afectan a los restos fósiles con anterioridad al enterramiento.

Como en toda disciplina, existe una larga tradición experimental de la Tafonomía para indagar y contrastar los fenómenos que producen las diferentes alteraciones observadas. Esta rama experimental de la tafonomía se conoce como *neotafonomía* (Hill, 1978) y se basa en el concepto de Actualismo, estrechamente relacionado con el Uniformitarismo.

El concepto geológico de Uniformitarismo fue propuesto por J. Hutton pero conocido y divulgado a través de los trabajos de Lyell a principios del siglo XIX. El uniformitarismo sustantivo (o teórico) se basa en la configuración dinámica de la tierra y en el gradualismo, esto es que la tasa de cambio ha sido gradual durante el tiempo. El uniformitarismo metodológico asume que las leyes naturales y los procesos son invariables en tiempo y espacio, por lo tanto, los resultados del pasado pueden ser atribuidos a las causas ya conocidas.

El Actualismo, según Rudwick (1976), es la metodología de deducir la naturaleza de los acontecimientos pasados por analogía con los procesos observables en acción en el presente. Así, el actualismo equivale al uniformitarismo metodológico clásico en la afirmación de la inmutabilidad de las leyes naturales en el espacio y tiempo, sobre todo de las relacionadas con los procesos mecánicos, químicos y físicos (Tabla 2.2). Sin embargo, los métodos actualistas permiten la variación en la energía o la intensidad de esas leyes a través del tiempo (Hooykaas, 1970). Es decir, el método actualista asume que los agentes son del mismo tipo que el pasado, pero que la intensidad puede ser variable, negando, en todo momento, tipos de agentes extraordinarios temporalmente (Hooykaas, 1970).

Existen dos grandes críticas al método actualista (Lyman, 1994). En primer lugar se critica los potenciales falsos supuestos en los que se basa el actualismo. Se

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

presupone que las leyes naturales son temporalmente invariables, es decir, se debe asumir que los procesos observables y sus resultados son los mismos hoy que en el pasado. La segunda gran crítica se basa en que el uso exclusivo del método como base de interpretación puede ocultar algunos procesos importantes del pasado. A pesar de estas críticas, actualmente no existe ninguna otra alternativa presentada para sustituir al Actualismo (Lyman, 1994).

En base al actualismo, la experimentación en tafonomía permite realizar hipotéticas afirmaciones sobre las causas de los efectos observados en un conjunto fósil. Sin embargo, los resultados deben tomarse con precaución dado que existen diferencias entre dicho conjunto fósil y la comunidad viva, como por ejemplo en los parámetros ecológicos donde se desarrollan (Hill, 1978).

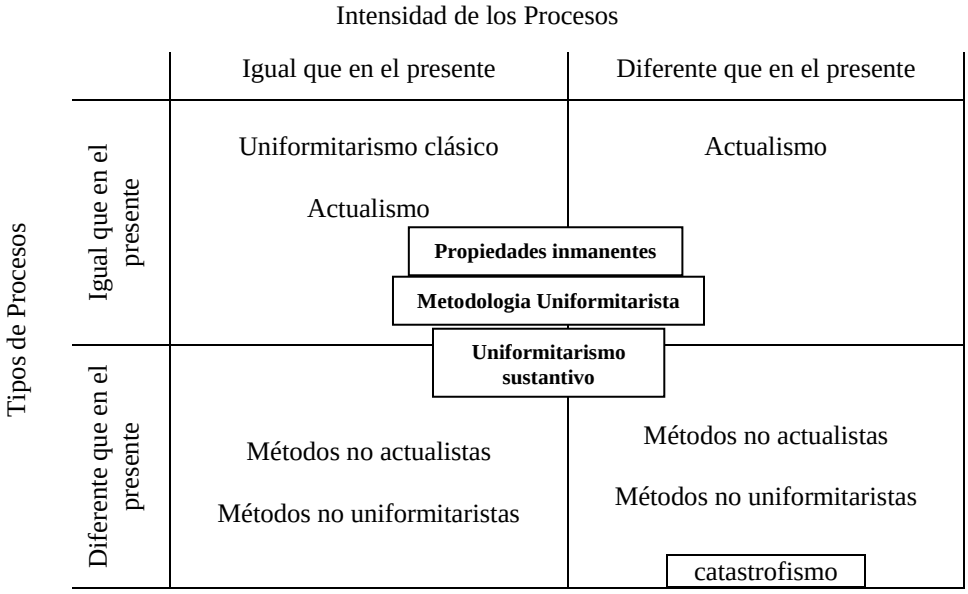

Tabla 2.2. Diferentes tipos e intensidades de procesos históricos (tafonómicos) que definen el Uniformitarismo, el Actualismo y el Catastrofismo como paradigmas que explican el pasado. El Uniformitarismo sustantivo puede englobar las cuatro categorías; el Uniformitarismo metodológico y las propiedades inmanentes asumen procesos del mismo tipo y otros de igual o diferente intensidad a los observados en la actualidad. Modificado de Lyman (1994).

Shipman (1981) propuso dos leyes básicas de la tafonomía. La primera ley de la tafonomía es el uniformitarismo de causa y efecto. La segunda, y más importante de las leyes, es que sólo los aspectos únicos y distintivos de un efecto o resultado puede ser considerado diagnóstico de una causa o proceso en particular. Es decir, el pasado

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

puede deducirse única y exclusivamente por efectos demostrados y claramente diferenciados de otros efectos similares. El gran inconveniente es asumir que ciertos procesos son necesarios y causas suficientes para una propiedad observable cuando cabe la posibilidad de que esta relación se deba al azar (Gifford, 1981). La causalidad puede ser observada, pero no inferida, puesto que para establecer una relación causal se requiere que la causa y el efecto sean contiguos en el tiempo y en el espacio y que sean coincidentes con regularidad (Klein y Cruz-Uribe, 1984). De este modo, establecer relaciones y vínculos causales es una tarea difícil (Salmon, 1984). No obstante, mediante el rigor y observando o reproduciendo experimentalmente los procesos tafonómicos sucedidos en el presente se pueden establecer analogías con los procesos acaecidos en el pasado (Simpson, 1970; Shipman, 1981; Gifford-González, 1991).

El principio actualista es utilizado por muchas disciplinas, como la etología, de la que, a la vez, se ayuda la tafonomía para identificar los procesos de alteración biológica. La etología es la rama de la biología que estudia el comportamiento o las características distintivas de un grupo animal determinado. El zoólogo austriaco Konrad Lorenz (1986) propuso una hipótesis, que supone el postulado básico para la etología, según la cual muchos comportamientos animales y humanos se basan en pautas genéticas latentes que se han desencadenado por la influencia ambiental de una especie animal. De esta manera, mediante los estudios etológicos, conocemos las pautas que rigen a los actuales depredadores de micromamíferos (preferencias y técnicas de caza e ingestión, extensiones territoriales, preferencias de hábitat, etc), así como los factores que intervienen en las modificaciones de los restos consumidos (mayor o menor representación de especies y elementos, grados de fracturación y digestión, etc.), posibilitando, mediante la aplicación del principio actualista, analogías con las alteraciones halladas en los restos fósiles y los procesos acaecidos en el pasado. El estudio de los depredadores actuales de micromamíferos y su hábitat, comportamiento, deposiciones y alteraciones en los restos, permiten reconocer el mismo proceso en el pasado e identificar cual de los predadores es el causante de las acumulaciones fósiles (Andrews, 1983).

Como ya se ha apuntado anteriormente, cada elemento registrado de micromamíferos fósiles posee dos tipos de caracteres: el primario, carácter original que equivale al taxón al que pertenece el pequeño mamífero; y el carácter secundario, resultante de la alteración tafonómica impresa por el predador, y que denota la presencia en el ecosistema de un taxón –rapaz o pequeño carnívoro- que, posiblemente, no posea registro fósil en el yacimiento. El carácter primario es estudiado por la taxonomía, una rama de la Paleontología estrechamente ligada con la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Sistemática, mientras que el carácter secundario es estudiado por la Tafonomía. La taxonomía y la sistemática han utilizado, tradicionalmente, a los micromamíferos, especialmente los pertenecientes al orden Rodentia y Eulipotyplha, como indicadores cronológicos e indicadores de la ecología o hábitat fósil donde se han preservado, dado su rápido ciclo de reproducción, grado de especialidad y adaptación ambiental (Chaline y Michaux, 1969; 1974; Chaline, 1987, Chaline y Farjanel, 1990; Denys *et al.*, 1997; López y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós, 2003).

En el Cuaternario, esta rápida evolución se acentúa por el efecto de los importantes cambios climáticos que tienen lugar durante este período. Ya en el siglo XVIII, William Smith apuntó que las rocas formadas durante un particular intervalo temporal pueden ser reconocidas por su contenido fósil o, lo que es lo mismo, por la presencia o ausencia de ciertos taxones (ley geológica de la sucesión faunística). Esto hace que estos pequeños mamíferos sean imprescindibles para la correlación bioestratigráfica y la datación relativa de los sedimentos arqueopaleontológicos (Lavocat, 1956; Chaline, 1972a; 1972b; 1987; Repenning y Fejfar, 1982).

Sin embargo, estos pequeños mamíferos también aportan valiosa información paleoecológica. La Paleoecología estudia las relaciones existentes entre los organismos pretéritos y el hábitat que ocuparon dentro del ecosistema en el que se desarrollaron. Así, la Paleoecología contribuye a reconstituir y describir el contexto ecológico pretérito con respecto a las condiciones climáticas, el cortejo vegetal, la fauna, etc. Para la aproximación paleoecológica de los micromamíferos de un estrato fosilífero se tiene en cuenta la abundancia relativa de unos taxones con respecto a otros, así como los cambios que ocurren entre los diversos niveles de una secuencia fosilífera determinada, en relación a los hábitat que ocupan estos taxones actualmente (aplicando métodos Actualistas). Es decir, y a modo de ejemplo, en la secuencia de TD3 a TD5 del yacimiento de Gran Dolina en la Sierra de Atapuerca (Burgos), predomina la especie *Allocricetus bursae*. Esta especie sugiere un hábitat estepario y con condiciones secas, inferido a partir del hábitat preferencial de *Cricetulus migratorius* (Sesé, 1991). Sin embargo, en estos mismos niveles también se ha registrado la presencia de *Iberomys huescarensis,* que indica zonas húmedas y con vegetación abundante, hábitat inferido a partir de su descendiente actual, *I. cabrerae* (López-Antoñanzas, 2000). No obstante, y a pesar de la presencia de *Iberomys*, la abundancia de *Allocricetus* indica un hábitat predominantemente estepario y seco para los niveles inferiores de Gran Dolina (López-Antoñanzas, 2000; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cuanto a la utilización del método Actualista para estos estudios, hay que considerar que si bien es verdad que los taxones de una misma familia o género suelen poseer hábitats muy similares, pequeñas diferencias provocan que se desarrollen en diferentes ambientes. Así, las indicaciones ecológicas de los organismos en base a sus características son menos seguras que las obtenidas a partir de la estructura.

Además, la abundancia relativa de unos u otros taxones puede estar relacionada con el sesgo que realiza el predador en base a la amplitud y diversificación del territorio de caza, disponibilidad de la presa, sus preferencias dietéticas (predador oportunista o selectivo), etc. Es decir, la proporción de los diferentes taxones dentro de una asociación microfaunística de determinado estrato puede no ser un reflejo exacto de la comunidad viva pretérita, siendo condicionado por la predación. Por ello, las inferencias paleoecológicas en base a los restos de micromamíferos deben ser realizadas con precaución y conociendo al predador mayoritario que produce los restos en el nivel estudiado.

Actualmente se conocen muchos de los caracteres de los predadores de micromamíferos como la extensión del territorio de caza, preferencias de hábitat y posibles migraciones, tipos de nidificación, las técnicas de caza y la dieta a través del análisis de egagrópilas/defecaciones (que permiten conocer cuales son las preferencias alimenticias de cada predador) (Howard 1958; Grimm y Whitehouse, 1963; Shouthern y Lowe, 1968; Balgooyen, 1971; Dean, 1973; Duke *et al.*, 1975; Duke y Rhoades, 1977; Plug, 1978; Marti y Hogue, 1979; Mikkola, 1983; Yalden, 1985; Andrews, 1990; Pharisat, 1993; König *et al.*, 1999). Ello facilita que, una vez identificado el predador, sea posible identificar y explicar el sesgo que éste ha realizado y en base a qué caracteres lo ha realizado.

Así, la combinación del hábitat representado por las especies de micromamíferos y del hábitat representado por el predador identificado se utiliza como criterio de contrastación de las interpretaciones paleoecológicas. Además, para la caracterización del paleoambiente, se requiere de un amplio espectro de condicionantes ambientales a considerar, por lo que es necesaria la entrada en escena de diversas disciplinas como la Geología, Geomorfología, Botánica, Zoología, Climatología, Arqueología, Tafonomía, etc.

La información de estos fósiles no finaliza con la identificación del predador. Tras la producción, estos restos pasan a estar expuestos a nuevas alteraciones derivadas de los agentes de modificación postdeposicionales, tanto fuera como dentro de la cavidad. De este modo, este conjunto de alteraciones pueden ayudar a reconstruir la historia tafonómica de la asociación registrada e indicar el estadio mecánico de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

conservación del tafón estudiado, permitiendo reconstruir el medio o que rodea dicha asociación, o lo que es lo mismo, el tafosistema y entender el proceso de fosilización y de formación del yacimiento.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 3

El Pleistoceno Inferior en Europa

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En la definición del Cuaternario cabe destacar la presencia de dos factores claves. En primer lugar, durante este período, se inician las oscilaciones climáticas debidas a los ciclos glaciares; y al clima cálido y húmedo del Plioceno superior le sucede la primera glaciación alpina del Pleistoceno. Así, las sucesivas oscilaciones de temperatura y humedad habidas durante los ciclos glaciares del Cuaternario afectan a la estructura de la vegetación, a la distribución de los biomas y a la geografía existente.

En segundo lugar, aparece el género *Homo* y se documenta su presencia fuera de África. Los restos fósiles más antiguos adscritos al género *Homo* provienen de yacimientos como Hadar, Olduvai y del Lago Turkana (Kimbel *et al.*, 1996; Leakey *et al.*, 1964); y permiten estimar que el género Homo apareció alrededor de los 2,5-2,4 Ma. Sin embargo, las primeras evidencias de este género fuera de África se localizan hace alrededor de 1,8-1,7 Ma. en el yacimiento de Dmanisi, en el Cáucaso.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.1. Límites cronológicos del Pleistoceno

El término Pleistoceno (del griego *pleistos*, mucho más; y *kainos*, reciente) fue introducido por Lyell en 1833 y 1839, para definir la época geológica dentro de la era Cenozoica donde se halla el registro fósil de organismos biológicos modernos.

El paso del Plioceno, época geológica cronológicamente anterior a la que estudiamos, hacia el Pleistoceno, se caracteriza por ser una transición o cambio gradual (Partridge, 1997).

En el 18º Congreso Internacional de Geología celebrado en Londres en 1948 se realizan una serie de recomendaciones para la definición del límite Plio-Pleistoceno. Éste debería estar basado en los cambios faunísticos que indicasen un deterioramiento climático en las secuencias estratigráficas marinas realizadas en el Sur de Italia. Según esto, se propone que la formación marina Calabriense, detectada en la sección Vrica (Italia), fuese definida como piso basal del Pleistoceno, puesto que en este estadio se registra la primera aparición de *Arctica islandica*, un molusco bivalvo representante de la fauna fría procedente del Atlántico Norte. Este hecho se consideraría el primer indicio de deterioro climático en el Hemisferio Norte (Bardají *et al.*, 2000; 2004).

A partir de estas recomendaciones se inicia un largo debate sobre la elección de la sección más idónea para establecer el límite entre el Plioceno y el Pleistoceno. En el 27º Congreso Internacional de Geología celebrado en Moscú en 1984, la Global Stratotype Section Point propone como estratotipo la sección marina de Vrica (Italia) (Aguirre y Passini, 1985). Esta propuesta es aceptada en el congreso y será posteriormente ratificada por la *International Commission on Stratigraphy* (ICS), subcomité científico del *International Union of Geological Sciences* (IUGS). El límite Plio-Pleistoceno se localiza dentro de la sección Vrica en la lámina fechada en 1,62 Ma., en la zona superior del evento de polaridad normal de Olduvai (Aguirre y Pasini, 1985; Tauxe *et al.*, 1983). Posteriores investigaciones y revisiones de la escala geomagnética ofrecen una edad de 1,796 Ma. para el límite Plio-Pleistoceno (Pasini y Colalongo, 1997). Así, el límite estaría situado en la base del estadio isotópico 63, cercano al episodio paleomagnético de Olduvai (Cande y Kent, 1995).

El gran avance en las técnicas de investigación experimentado en campos como la estratigrafía isotópica hace que la sección Vrica no sea aceptada de forma universal por todos los investigadores como estratigrafía tipo del límite Plio-Pleistoceno. Diversos análisis geológicos, paleontológicos y paleobotánicos muestran cambios en la composición de la flora y la fauna, indicando la existencia de un deterioro climático a partir de 2,6 Ma (Riser, 1999). Este deterioro coincide con la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

instalación de los casquetes polares en el hemisferio Norte y la aparición del primer huésped nórdico real en el mediterráneo: *Neogloboquadrina atlantica* (Suc y Zagwijn, 1983; Zachariasse *et al.*, 1990; Partridge, 1997; Sémah y Renault-Miskovsky, 2004). Así, y desde la década de los 90, a menudo algunos investigadores han hecho coincidir el inicio del Pleistoceno sincrónico con el estadio isotópico 103, hace 2,58 Ma., en el limite paleomagnético Gauss-Matuyama, frente a la cronología oficialmente aceptada en el momento de las publicaciones (Suc *et al.*, 1997; Kolfschoten y Gibbard, 1998, Sémah y Renault-Miskovsky, 2004).

En 1999 se realizó una consulta en la ICS a través de votación de los miembros de la Subcomisión de Estratigrafía del Neógeno y de la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario. Estos miembros se posicionaron a favor de mantener la sección de Vrica para el límite del Plio-Pleistoceno (Bardají *et al.*, 2000; 2004). No obstante, en el último congreso del *International Union for Quaternary Research* (INQUA) celebrado en 2007 en Cairns, Australia, se propuso que el límite entre el Plioceno y el Pleistoceno debería situarse entre el cron Gauss y el cron Matuyama (2,6 Ma.). En una nueva votación entre los miembros del ICS en mayo de 2009, el 89% de los votos se pronunciaron a favor de la redefinición de la base del Pleistoceno en el estadio isotópico 103, hace 2,58 Ma.. A finales del mismo mes, se envió esta propuesta a la IUGS, que fue ratificada en el mes de julio de 2009 por el presidente del Comité ejecutivo de esta organización, Alberto Riccardi.

Con la reciente aceptación de esta propuesta se sitúa el Cuaternario en el inicio de las glaciaciones y el Gelasiense, que hasta el momento se consideraba el piso más moderno del Plioceno, pasa a ser el piso más antiguo del Pleistoceno.

En el Pleistoceno se distinguen tres grandes períodos: El Pleistoceno Inferior, (2,6-0,78 Ma.), el Pleistoceno Medio (0,78-0,125 Ma.) y el Superior (0,125-0,01 Ma.). El límite entre el Pleistoceno Inferior y el Pleistoceno Medio se localiza en el cambio de polaridad magnética Brunhes-Matuyama (0,78 Ma.), mientras que el limite entre el Pleistoceno Medio y el Superior se localiza al inicio del estadio isotópico 5 donde se da el período interglaciar Riss-Würm (conocido, en ocasiones, como interglaciar Eemiense).

3.2. Los ciclos glaciares en el Pleistoceno y los estadios isotópicos

A lo largo del Pleistoceno se han sucedido alternativamente períodos glaciares e interglaciares en intervalos que duran entre 40.000 y 100.000 años, aproximadamente. En los períodos glaciares disminuye la temperatura global de la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tierra, resultando una expansión de los casquetes polares y del hielo continental, que llega, en ocasiones, hasta al paralelo 40º, y una reducción del nivel del mar de aproximadamente 100 m. Sin embargo, los períodos interglaciares se caracterizan por poseer un clima similar al actual, provocando el retroceso de los glaciares y el aumento del nivel marino. Existen, además, dentro de los períodos glaciares, breves períodos en los que el clima es moderado denominados interestadios.

Este aumento o disminución de los glaciares altera la geografía del planeta y las barreras geográficas. Así, durante los períodos fríos se producen puentes terrestres en los paralelos próximos al Ecuador al bajar el nivel del mar y puentes de hielo en los paralelos próximos a los círculos polares. Estos puentes permiten conectar e intercambiar taxones de fauna y flora entre territorios aislados durante los períodos interglaciales.

A partir del estudio de la correlación entre los depósitos glaciares y las terrazas fluviales de distintos afluentes del Danubio, en su paso por los Alpes, se establecen seis grandes períodos glaciares correspondientes con el Pleistoceno y utilizados clásicamente como escala cronoestratigráfica en Europa. Éstos períodos glaciares se denominan Biber (hace 2,6 Ma.), Donau (que se inicia hacia 1,8 Ma.) Günz (que aparece alrededor del 1,1 Ma.), Mindel (cerca de hace 0,58 Ma.), Riss (0,2 Ma. aproximadamente) y Würm (que aparece alrededor de 0,14 Ma.), (Penk y Brückner, 1909). Entre cada uno de los períodos glaciares se intercalan episodios interglaciares conocidos con los nombre de las dos glaciaciones que separan: Biber-Donau (2 Ma.) Donau-Günz (1,4 Ma.), Günz-Mindel (0,75 Ma.), Mindel-Riss (hacia 0,4-0,45 Ma.), Riss-Würm (0,14 Ma.). A la glaciación Würm le sucede el período interglaciar actual, también conocido como postglaciar, que se inicia hace unos 10.000 años. Sin embargo, el carácter discontinuo de los depósitos utilizados y su situación poco precisa dentro de una escala temporal paleomagnética o radiométrica, dificultan la correlación entre distintas localidades regionales.

Con el inicio de las investigaciones a principios de los años 50 en sedimentos oceánicos profundos se dio un primer paso para establecer una escala cronoestratigráfica global del Pleistoceno. El carácter continuo del registro de sedimentos marinos y los estudios isotópicos, paleontológicos y paleomagnéticos realizados en ese registro, han permitido dar una edad a las distintas fluctuaciones climáticas que caracterizan esta etapa (Bardají *et al.*, 2000; 2004). Asimismo, las secuencias marinas permiten construir un estándar de comparación y correlación con los otros registros estratigráficos del Cuaternario (Holliday, 2001).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Una de las investigaciones más representativas sobre estas secuencias marinas es la medición de los isótopos de oxigeno sobre caparazones de foraminíferos extraídos de los sondeos del Caribe (Emiliani, 1955). En el estudio realizado en diversos estratos permitió observar diferencias significativas en el peso isotópico del oxígeno que se relacionaron, en un principio, con la fluctuación de la temperatura global (Emiliani, 1955) y posteriormente con cambios en la extensión de los glaciares (Shackleton, 1967).

Los foraminíferos poseen conchas de caliza construidas a partir de los iones de calcio y de carbonato o bicarbonato disueltos en el agua marina. En el proceso de cristalización de la caliza se produce un fraccionamiento isotópico del oxígeno que refleja la ratio de los isótopos de oxigeno presentes en el agua del mar.

El oxígeno tiene tres isótopos estables, entre los que destacan el ^{16}O y el ^{18}O. Así, no todas las moléculas de agua son idénticas: las que contienen oxígeno pesado, $H_2{}^{18}O$, pesan más que las que contienen oxígeno ligero, $H_2{}^{16}O$. De esta manera, las moléculas de agua con menor peso tienden a evaporarse del mar con mayor facilidad que las moléculas de $H_2{}^{16}O$. Así en las precipitaciones de agua o nieve la presencia de la molécula $H_2{}^{16}O$ es mayor que de la molécula $H_2{}^{18}O$. Los glaciares que se construyen están enriquecidos en ^{16}O, mientras que los océanos reducen este isótopo respecto ^{18}O. Cuando los glaciares se deshacen, al inicio de un ciclo interglaciar o un interestadial, las aguas oceánicas se enriquecen de ^{16}O, alterando la ratio ^{18}O /^{16}O.

Las fluctuaciones documentadas en la ratio ^{18}O /^{16}O permiten dibujar una curva que indica la cantidad global de masas de hielo (Figura 3.1). En esta representación gráfica los estadios isotópicos (MIS) con números pares se corresponden con los períodos glaciares mientras que los que poseen números impares lo hacen con períodos interglaciares. Las investigaciones llevadas a cabo en el océano Pacífico posibilitaron la correlación entre los registros isotópicos con el registro geomagnético terrestre, estableciéndose 103 estadios isotópicos entre la actualidad y el inicio del Pleistoceno Inferior (Shackleton y Opdyke, 1973). En esta curva se aprecia que, en general, el Pleistoceno Inferior es un período más cálido que el Pleistoceno Medio y éste es, a la vez, más cálido que el Pleistoceno Superior. Así, en el Pleistoceno Inferior, las fluctuaciones entre los períodos cálidos y fríos alcanzan puntos menos rigurosos. Además, la amplitud de la frecuencia de onda entre las fluctuaciones frías es más grande en el Pleistoceno Superior que en otros períodos, lo que indica que la duración de estos períodos es mayor (Figura 3.1).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

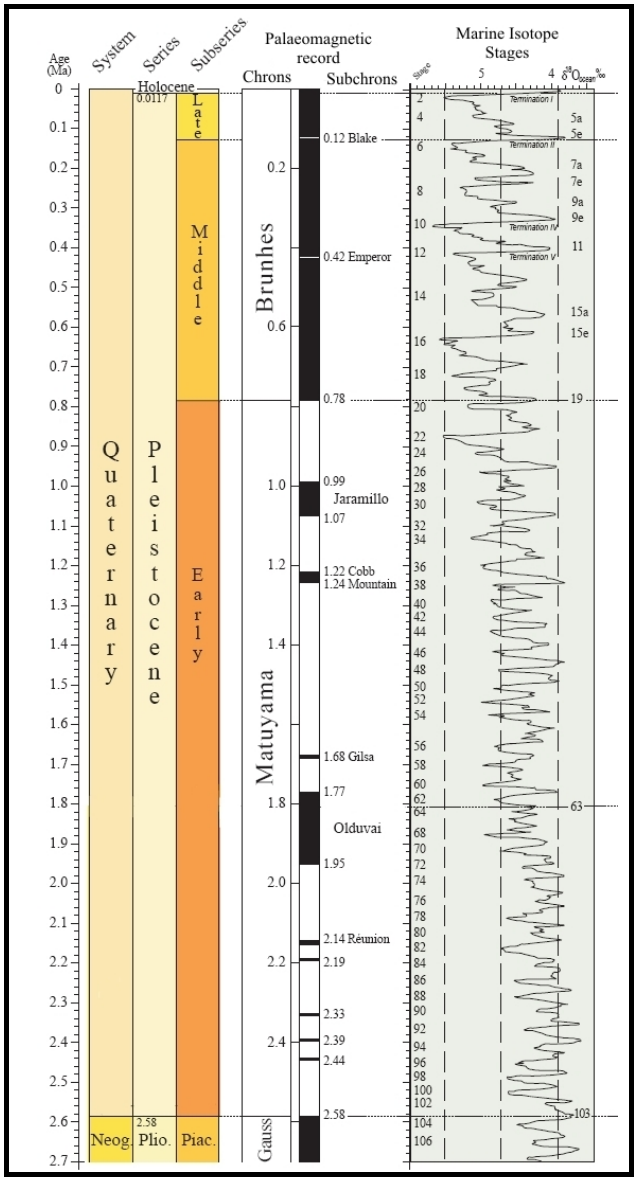

Figura 3.1. Cronoestratigrafía global del Cuaternario. Correlación entre los estadios isotópicos marinos (MIS) con la polaridad magnética (negro: normal, blanco: inversa) y el período cronológico. En esta imagen es posible observar a través de los MIS que el clima es más cálido durante el Pleistoceno Inferior y que las oscilaciones climáticas son de mayor intensidad y duración durante el Pleistoceno Medio y Superior. Modificada de Gibbard y colaboradores (2005).

Actualmente, la hipótesis más aceptada para explicar la sucesión de períodos glaciares e interglaciares durante el Pleistoceno es la teoría astronómica o teoría de Milankovich. La premisa inicial de esta teoría fue propuesta por James Croll en 1842, aunque fue desarrollada por el astrónomo y geofísico Milutin Milankovich en 1930. Este autor formuló su teoría a partir del cálculo de las variaciones temporales y geográficas de la radiación solar incidente y de la mecánica de los cuerpos celestes.

Según esta teoría, la incidencia de la energía solar sobre la Tierra no tiene un valor constante a lo largo del año sino que depende de la forma en que la Tierra gira alrededor del Sol, pudiendo distinguir tres parámetros orbitales: la oblicuidad, la excentricidad y la precesión (Foucault, 1993; Vázquez Abeledo, 1998).

1. La oblicuidad es la inclinación del eje terrestre de rotación. La inclinación de este eje afecta al grado de insolación y está directamente relacionada con la estacionalidad. La estacionalidad ocasiona que durante parte del año el hemisferio norte se encuentre más expuesto al Sol, influyendo en la circulación oceánica y atmosférica y en la vegetación y la fauna. El valor

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

actual de la inclinación del eje terrestre es de 23,4º y durante los dos últimos millones de años ha variado entre un valor máximo de 24,5º y un mínimo de 21,5º. La oscilación de la eclíptica es de unos 41.000 años respecto al plano invariable.

2. La excentricidad de la órbita de traslación se refiere a la forma en que varia la órbita de la Tierra alrededor del Sol por la atracción del resto de planetas del Sistema Solar. La órbita terrestre pasa de ser casi circular, o poseer una excentricidad baja, a ser marcadamente elíptica, o poseer una excentricidad alta, cada 100 ka. aproximadamente (Rutherford y D'Hondt, 2000). El aumento de la excentricidad de la órbita terrestre provoca el incremento del contraste verano-invierno en un hemisferio dependiendo del momento en que ocurra el afelio (o mayor alejamiento del Sol) y el perihelio (o mayor acercamiento del Sol).

3. Precesión de los equinoccios o movimiento de precesión es el cambio en la dirección del eje de la Tierra. Es decir, el eje de rotación de la Tierra va describiendo una figura cónica alrededor de una recta perpendicular al plano de la elíptica. Este lento movimiento de peonza se debe a la forma elipsoidal (ligeramente achatado por los polos) del planeta Tierra y discurre de forma periódica cada 19 y 23 ka.

La oblicuidad parece haber regido la periodicidad de los ciclos glaciares en la primera parte del Pleistoceno (ciclos de unos 40.000 años) y probablemente tenga una gran influencia, junto con la excentricidad de la órbita terrestre, en la segunda parte del Pleistoceno, en donde los ciclos son más largos (entre 80.000 y 120.000 años).

La teoría de Milankovich propone que para entrar en un período glaciar, la radiación incidente durante el verano boreal no sea suficiente para fundir todo el hielo que se haya formado durante el invierno en las áreas continentales comprendidas en las altas latitudes (65º) del Hemisferio Norte, favoreciendo así las formaciones de grandes capas de hielo continental. Además, en esas condiciones, los inviernos son más cálidos en el planeta, por lo que la evaporación en los trópicos sería mayor, y por tanto la precipitación de nieve invernal en latitudes altas sería más elevada.

Así es posible afirmar, en términos generales, que el Plioceno fue una época más calurosa que el Pleistoceno, con unas temperaturas medias anuales más elevadas que las actuales y con un nivel marino más alto (Uriarte, 2003). En cambio, el Pleistoceno se caracteriza por la sucesión de períodos fríos con períodos cálidos/templados, correspondientes a la expansión y retroceso de los casquetes

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

polares. El período frío más importante registrado en el Pleistoceno Inferior corresponde al MIS 22, datado en 0,8 Ma.

3.3. Yacimientos europeos del Pleistoceno Inferior

Las numerosas intervenciones paleo-arqueológicas llevadas a cabo a partir de la década de los 70 en Europa han puesto de manifiesto la existencia de diversos yacimientos del Pleistoceno Inferior europeo (Figura 3.2). En este apartado se van a resumir las características más destacables de los yacimientos europeos más importantes, intervenidos mediante una metodología arqueo-paleontológica.

Existen otros yacimientos enmarcados en esta cronología aunque, debido a la escasez de información o divulgación de los estudios realizados, no poseen un apartado propio en este capítulo. Algunos de ellos son **Nogaret**, **La Rochelambert**, **Saint-Vidal**, **Nolhac-Briard**, **Saint-Eble** y **Chagny**, en Francia (Bonifay, 2002; Guérin *et al.*, 2004), **Dafnero, Vassiloudi** y **Ravin of Voulgarakis** en Grecia (Kostopoulos y Koufos, 1994), **Beremend** y **Csarnota**, en Hungria, y **Olivola**, en Italia, entre otros (Guérin *et al.*, 2004).

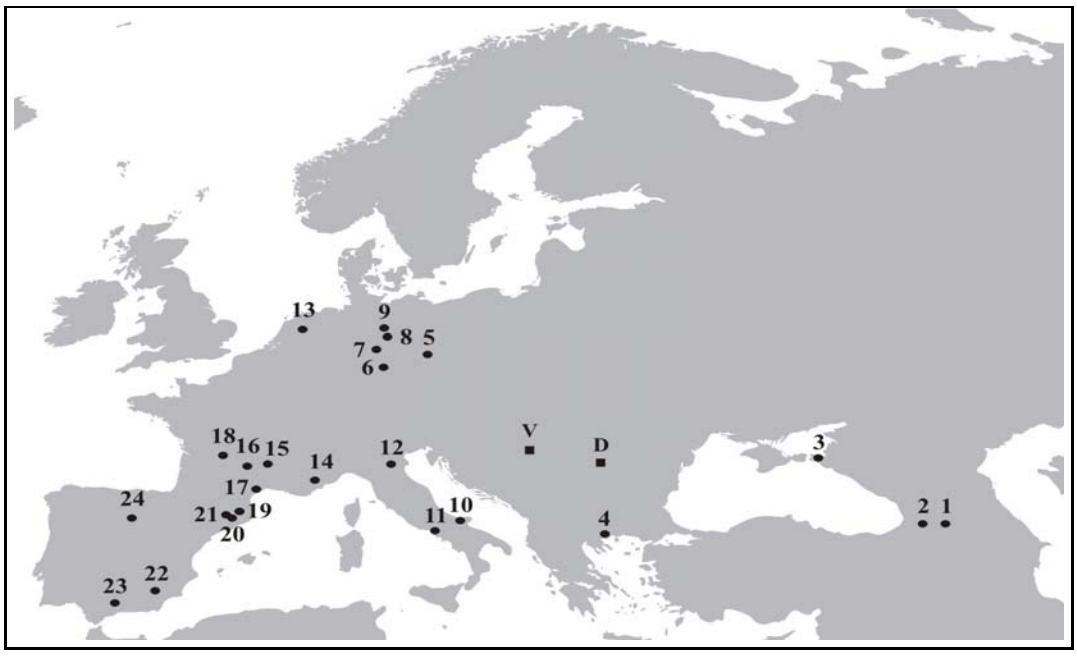

Figura 3.2. Yacimientos europeos del Pleistoceno Inferior. 1. Dmanisi, 2. Akhalkalaki, 3. Bogatyri/Sinyaya Balka, 4. Apollonia, 5. Stránská Skála, 6. Unkelberg-Dinkelscherben, 7. Untermaßfeld, 8. Süßenborn, 9. Voigtstedt, 10. Pirro Nord, 11. Ceprano, 12. Ca'Belvedere de Monte Poggiolo, 13. Tegelen, 14. Le Vallonnet, 15. Saint-Vallier, 16. Soleihac, 17. Lézignan-la-Cèbe, 18. Pont-de-Lavaud, 19. Incarcal, 20. Cal Guardiola, 21. Vallparadís, 22. Cueva Victoria, 23. Cuenca de Guadix-Baza, 24. Sierra de Atapuerca. V. Villány, D. Cuenca de Dacique.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.1. Dmanisi

El yacimiento de Dmanisi, situado en el Cáucaso, al sudeste de Tblisi (Georgia) es el enclave con presencia humana más antiguo de Europa (Figura 3.2).

En la secuencia estratigráfica es posible diferenciar dos grandes unidades (A y B), divididas, cada una de ellas, en tres estratos. El nivel VI de la unidad A, donde se localizan los restos humanos, está formado por depósitos de cenizas de origen eólico que han sido datados en 1,8 Ma. por el método $^{40}Ar/^{39}Ar$ (de Lumley *et al.*, 2002). El nivel V esta formado por arenas de color pardo que corresponde a depósitos lacustres y fluviales. El nivel IV esta formado por limos y arcillas estratificadas con pequeños depósitos de cenizas. El nivel III, en la unidad B, esta compuesto por arenas de color ocre carbonatadas, similares a las de la unidad A. Sin embargo los niveles II y I están formados por arenas gruesas con pequeños cantos de cuarzo y basalto, sugiriendo un cambio sedimentario importante.

Los estudios magnetográficos realizados a lo largo de la secuencia estratigrafía de Dmanisi permiten situar los niveles VI, V y IV en una zona magnética normal. La presencia de taxones como *Equus stenonis*, *Archidiskodon meridionalis*, *Stephanorhinus etruscus*, *Dama nesti*, *Cervus perrieri*, *Eucladoceros senesensis*, *Pachychrocuta perrieri*, *Pantera gombaszoegensis*, *Megantereon megantereon*, *Homotherium crenatidens*, *Gertrillus* sp. y *Hypolagus brachyagnatus*, entre otros, permiten relacionar este episodio con el subcron Olduvai, que se desarrolla entre 1,77 y 1,95 (Gabunia *et al.*, 2000b; de Lumley *et al.*, 2002).

La abundancia de restos fósiles de carnívoros y de mordeduras relacionadas con su actividad, y el bajo número de marcas de corte y de fracturación antrópica documentadas en la fauna indican que los carnívoros tuvieron un rol más activo que los homínidos durante la acumulación de los restos (Gabunia *et al.*, 2001; Tappen *et al.*, 2002). La estrategia de subsistencia de los homínidos de Dmanisi está basada, mayoritariamente, en el carroñeo (Vekua *et al.*, 2002).

En el yacimiento de Dmanisi se han recuperados cinco cráneos, cuatro mandíbulas y diferentes elementos del esqueleto postcraneal atribuidos a cinco individuos de diferentes edades y sexos. La asignación taxonómica de la primera mandíbula, denominada D211, fue problemática. Su morfología y dimensiones dentales y mandibulares mostraban semejanzas con las especies africanas *Homo ergaster* y *Homo habilis* (Gabunia y Vekua, 1995; Rosas y Bermúdez de Castro, 1998) y con los restos asiáticos de *Homo erectus* de Sangiran (Java) (Bräuer y Schultz, 1996). Sin embargo, el descubrimiento de los primeros restos craneales en

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

1999 puso de manifiesto las pequeñas dimensiones y capacidad de los cráneos, cuestionando la atribución taxonómica realizada en los primeros estudios a favor de la asignación de *Homo ex gr. ergaster* (Gabunia *et al.*, 2000b) o de *Homo habilis* (Vekua *et al.*, 2002) para los restos de Dmanisi. Finalmente, el estudio conjunto de los restos desembocó en la creación de una nueva especie, *Homo georgicus,* considerada como intermedia entre *Homo habilis-rudolfensis* y *Homo ergaster* (Gabunia *et al.*, 2002a; 2002b), aunque algunos autores discurren que las variaciones de los rasgos distintivos de cada uno de los restos fósiles podría ser el resultado de la presencia de más de una especie de homínidos en el yacimiento (Stringer y Andrews, 2005).

El descubrimiento de un cráneo y una mandíbula de un mismo individuo de edad avanzada que conservaba, únicamente, un canino inferior, conduce a considerar que la supervivencia de este homínido no hubiera sido posible sin la ayuda de los otros miembros del grupo. Este hecho ha sido interpretando como la evidencia de una articulación social con fuertes relaciones entre los miembros del grupo (Lordkipanidze *et al.*, 2005).

El registro lítico, formado por más de 4000 piezas, se basa en materias primas como lava volcánica, tanto fina como gruesa, de basalto, ryolita, granito, cuarzo y otras rocas metamórficas. El conjunto lítico registrado en el yacimiento se caracteriza por el predominio de piezas de gran formato (tipo *choppers*) y los útiles de percusión. No obstante, las lascas o restos de talla están presentes. Este conjunto es comparable, a nivel cultural, con los conjuntos líticos más antiguos de Kada Gona, Lokalelei o Fejej FJ-1, enmarcadas en una edad de entre 2,5 y 1,85 Ma. (de Lumley *et al.*, 2005).

En la secuencia polínica se detecta la presencia de *Abies, Pinus, Alnus, Ulmus* y *Salix*¸ mostrando una variabilidad altitudinal en la vegetación. Es posible que la región estuviera formada por ecosistemas abiertos en el valle, con abundante vegetación arbustiva y herbácea, ecosistemas de bosques de galería a lo largo de las orillas de los ríos y de bosques de media altura de las cadenas montañosas. En el nivel IV predominan los elementos arbustivos y herbáceos como Chenopodiaceae, *Artemisa* y *Ephedra,* aunque existen taxones arbóreos como *Betula, Pinus* y *Tilia*. En lo referente a la evolución diacrónica de la vegetación, es posible observar que las áreas boscosas se reducen durante la formación de los niveles superiores (niveles III y II) (Gabunia *et al.*, 2000a; Messager *et al.*, 2010). Por todo ello es posible afirmar que las condiciones climáticas en Dmanisi a inicios del Pleistoceno Inferior correspondían a un clima mediterráneo, con tendencia a la aridificación y descenso de las temperaturas.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.2. Akhalkalaki

Este yacimiento al aire libre está situado al sureste de Georgia. Los sedimentos de los 3-4 m. de secuencia tienen, en general, origen lacustre, aunque, en ocasiones, es posible encontrar aportaciones de origen aluvial. Litológicamente, están compuestos por cenizas volcánicas reelaboradas y arcillas arenosas.

Los taxones más importantes hallados son *Bos* sp., *Bison* sp., *Sinoreas* sp., *Capra*, *Hippopotamus amphibius antiquus*, *Stephanorhinus etruscus*, *Equus suessenbornensis*, *E. hipparionoides*, *Mammuthus* (Archidiskodon) sp., *Mammuthus* aff. *trogontherii*, *Felis silvestris* ssp., *Homotherium crenatidens*, *Pachycrocuta brevirostris sinensis*, *Meles* sp., *Vormela* cf. *peregusn*a, *Lutra* sp., *Ursus* sp., *Xenocyon lycaonoides*, *Canis lupus mosbachensis*, *Spermophilus* sp., *Panthera onca gombaszoegensis*, *Marmota* sp., *Hystrix* sp., *Lepus* sp. and *Erinaceus* sp. (Hemmer *et al.*, 2001). Esta asociación está correlacionada bioestratigráficamente con otras faunas situadas cronológicamente por encima del episodio Jaramillo, entre 0,9 y 0,8 Ma.

Los estudios tafonómicos indican que los restos faunísticos fueron modificados por carnívoros, posiblemente cánidos o hiénidos (Tappen *et al.*, 2002). A pesar de la presencia de industria, no existe ninguna evidencia de la intervención de los humanos sobre estos restos (Tappen *et al.*, 2002). Según esta autora, los agentes de modificación identificados sugieren que el depósito se formó en un corto período tiempo.

Entre el registro fósil se hallan unos pocos restos de industria lítica en el yacimiento de tipología achelense, similares a los hallados en Dmanisi (Gabunia, 2000).

La fauna indica un paleoambiente dominado por la pradera o estepa seca y cálida, influenciada por las condiciones montañosas. En el fondo de los valles, se hallarían masas de agua permanentes con arbustos y árboles aislados, mientras que en las zonas de mayor altitud se podrían haber desarrollado los bosques de montaña. La precipitación de este yacimiento hace alrededor 1 Ma. podría ser moderada, derivada de las influencias del mar Negro (Hemmer *et al.*, 2001).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.3. Bogatyri/Sinyaya Balka

Estas localidades están situadas al aire libre, en la Península de Taman, en el mar de Azov (Rusia). El yacimiento paleontológico de Sinyaya Balka presenta una de las más antiguas y ricas asociaciones registradas en Rusia (Shchelinsky *et al.*, 2010).

Las excavaciones llevadas a cabo en Bogatyri/Sinyaya Balka entre 2004 y 2008 descubrieron restos de *Trogontherium cuvieri*, *Castor tamanensis*, *Canis tamanensis*, *Archidiskodon meridionalis tamanensis*, *Elasmotherium caucasicum*, *Equus* cf. *major*, *Bison* sp., *Mimomys savini*, *Lagurodon arankae* y *Cricetus* cf. *nannus*. Esta asociación faunística está datada entre 1,6 y 1,2 Ma. El paleomagnetismo indica la formación del depósito durante el cron de polaridad invertida Matuyama, siendo, según la correlación taxonómica, el episodio hallado entre 1,77 y 1,07 Ma. el más probable (Shchelinsky *et al.*, 2010).

En los análisis polínicos, en la parte basal, predomina el pino, acompañado de *Tsula*, *Ulmus*, *Betula*, *Picea*, *Abies*, *Quercus* y *Salix*. No obstante, abundan las herbáceas, lo que sugiere la presencia de un bosque abierto o estepa, con cuencas dominadas por herbáceas (Shchelinsky *et al.*, 2010).

Entre el registro arqueológico se han recuperado 340 piezas de industria lítica, donde destacan las lascas, los núcleos y los configurados en dolomias y limonitas. Los núcleos, en general, no presentan especial preparación de la plataforma de percusión. La industria se caracteriza por el predominio de los utensilios de gran formato, aunque es también importante la producción de lascas (Shchelinsky *et al.*, 2010). De estas herramientas se extrapola una corta ocupación, basada en el procesamiento de carcasas (*butchering*), especialmente sobre elefantes y elasmoterio (Shchelinsky *et al.*, 2010).

3.3.4. Apollonia-1

Este yacimiento paleontológico griego está situado a 60 Km. al NE de Thessaloniki, en la cuenca de Mygdonia. Está emplazado en la formación geológica conocida como Platanochori, en sedimentos de origen fluvio-lacustre (Kostopoulos, 1997).

Las excavaciones llevadas a cabo en la década de los 90 registraron abundantes restos faunísticos, entre los que destacan taxones como *Canis arnensis, Vulpes alopecoides, Meles dimitrius, Lynx issiodorensis, Megantereon whitei*, Rhinocerotidae

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

indet., Elephantidae indet., *Equus apolloniensis, Megaloceros (Megaceroides)* sp., *Bison* sp., *Pontoceros ambiguus, Soergelia* sp., Caprinae indet., Erinaceidae indet., *Lagurodon arankae,* (Kostopoulos y Koufos, 1994; Martínez-Navarro y Palmqvist, 1996; Kostopoulos, 1997; Koufos *et al.*, 1997). Esta asociación faunística perteneciente al Epivillafranquiense, y es similar a la hallada en otros yacimientos de la Península Ibérica, Francia e Italia (Koufos *et al.*, 1997).

3.3.5. Stránská Skála

Es un yacimiento al aire libre situado en lo alto de la colina cercana a Brno, en la República Checa. Se trata de una antigua cavidad de origen cárstico, donde el colapso total del techo permitió el relleno de la cavidad con sedimentos del exterior, formando un talud cónico (Musil, 1995a).

La potencia estratigráfica está dividida en 16 niveles, siendo la unidad 13 la que presenta mayor abundancia de restos. En el nivel 6 se sitúa el límite paleomagnético Matuyama-Brunhes (0,79 Ma.), por lo que sólo los niveles inferiores a éste pertenecen al Pleistoceno Inferior. Los niveles 1 y 2 son estériles, por lo que la información aquí descrita se adscribe a los niveles 3-6.

Los escasos restos de grandes mamíferos identificados en los niveles del Pleistoceno Inferior pertenecen únicamente a dos taxones: *Bison* sp. y *Cervus* sp. (Musil, 1995b). Según los estudios tafonómicos llevados a cabo, estos restos fueron intervenidos por carnívoros, como hiénidos, cánidos y zorros (Patou-Mathis, 1995). En el orden de las aves, destaca la presencia de *Anas strepera*, *Anas querquedula*, *Anas clypeata*, *Falco tinnunculus, Falco subbuteo, Falco peregrinus, Tetrao tetrix, Perdix perdix, Vanellus vanellus, Philomachus pugnax*, entre otras (Mlíkovský, 1995).

Los estudios polínicos destacan la presencia continua en los niveles del Pleistoceno Inferior de *Pinus*. Únicamente *Carpinus* representa los taxones arbóreos termófilos y *Agnus* y *Salix* la vegetación húmeda. Las herbáceas dominantes son *Cyperaceae* y *Poaceae*, aunque la presencia de *Dryopteris*, *Bryales* y *Algae* sugiere la presencia de alta humedad (Svobodová, 1995).

No existe ningún resto de industria lítica entre los niveles inferiores, a pesar de que ésta es importante en los niveles 13 y 14, del Pleistoceno Medio (Valoch, 1995). La mayoría de esta industria está formada por las lascas y núcleos en distintas rocas metamórficas de alta calidad, conocidas como *hornstone* (Valoch, 1995).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.6. Unkelberg-Dinkelscherben

Esta localidad está situada cerca de Augsburgo, en las estribaciones septentrionales de los Alpes, al sur de Alemania. El yacimiento está formado por gravas de origen fluvioglacial. Unicamente posee restos de micromamíferos, donde destacan *Mimomys pliocaenicus, Mimomys (Cseria) reidi, Pliomys episcopalis, Borsodia* sp., *Lagurodon* cf. *arankae, Beremendia fissidens y Apodemus* sp. Esta asociación está correlacionada con el Villariense final (zona *Mimomys pliocaenicus* o MN17) y sugiere que los sedimentos y los restos contenidos en ellos poseen un origen interglaciar (Fejfar *et al.*, 1997).

3.3.7. Untermaßfeld

Untermaßfeld es un yacimiento alemán al aire libre, de origen fluvial, situado en el valle del Werra, al sureste de Turingia (Figura 3.2).

Desde el inicio de las excavaciones, en 1978, se han extraído más de 12000 restos identificables de grandes mamíferos, superando los 300 individuos y 105 taxones. Destacan los grandes mamíferos herbívoros como *Hippopotamus amphibius, Bison menneri, Capreolus cusanoides, Cervus nestii vallonnetensis, Eucladoceros giulii* y *Stephanorhinus etruscus*. Entre los carnívoros, se ha identificado *Pachycrocuta brevirostris, Homotherium crenatidens, Megantereon cultridens adroveri, Panthera onca gombaszoegensis, Acinonyx pardinensis pleistocaenicus, Lynx issiodorensis, Puma pardoides, Canis lycaonoides, Canis mosbachensis* y *Ursus rhodei*. Cabe destacar la presencia de *Mimomys pusillus, Microtus thenii* y Emydini gen. y sp. indet. entre los micromamíferos. Esta asociación faunística, característica del Epivillafranquiense, junto con las precisiones geológicas y las dataciones paleomagnéticas realizadas, sitúan Untermaßfeld en el MIS 31, con una edad de 1,07 Ma. (Kahlke y Gaudzinski, 2005; Kahlke 2006).

Los análisis tafonómicos realizados sugieren que el abundante registro paleontológico de Untermaßfeld tiene un origen catastrófico (Kahlke y Gaudzinski, 2005). Además, en algunos restos se han apreciado mordeduras relacionadas con la intervención de carnívoros (Kahlke y Gaudzinski, 2005).

Recientemente se han hallado, junto con el registro faunístico, 24 piezas de industria en sílex, cuarzo y caliza (Landek, submitted). Sólo existe un núcleo y las lascas son, generalmente, de tamaño medio o grande, poco preparadas y con pocas extracciones (Landek, submitted). Todo ello sugiere al autor una talla en percusión

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

directa. Además, el desgaste observado en los bordes de estas lascas sugiere la utilización con el contacto con materiales orgánicos, descartando un desgaste de origen postdeposicional (Landek, submitted). No obstante, se debe tener en cuenta que el estudio y publicación de estas herramientas líticas está aún en fase de revisión.

3.3.8. Süßenborn

La localidad de Süßenborn está cercana a Weimar, en Turingia (Alemania central). La asociación faunística, compuesta exclusivamente por micromamíferos, se situa en un horizonte meteorizado de origen interglaciar. Está caracterizada por la presencia de individuos modernos de la especie *Mimomys savini* y de diversas formas de *Microtus* (*M. hintoni, M. gregaloides, M. arvalinus* y *Microtus* sp.). Además, aparecen especies como *Trogontherium cuvieri, Castor fiber* y *Glis glis* (Fejfar *et al.*, 1997). Todo ello permite concluir que la asociación de Süßenborn puede estar relacionada con la zona *Mimomys savini*, o el Bihariense final (Fejfar *et al.*, 1997).

3.3.9. Voigtstedt

Cerca de Süßenborn se halla Voigtstedt (Turingia, Alemania central). El conjunto de micromamíferos de esta localidad está situada por debajo de un nivel de gravas donde se localiza el límite Matuyama-Brunhes, por lo que la asociación está datada en un período interglaciar cerca de 0,8 Ma. (Fejfar *et al.*, 1997). Esta asociación se caracteriza por poseer unos representantes de *Mimomys* (*Mimomys*) *savini* modernos, por la ausencia de *Mimomys* (*Cseria*) *pusillus*, y por la aparición de especies de *Microtus* como *M. arvalinus* y *M. ratticepoides*. Otras especies halladas son *Spermophilus (Colobotis) dietrichi, Petauria voigtstedtensis, Trogontherium cuvieri, Castor fiber,* y *Apodemus flavicollis.* Estos taxones permiten situar el conjunto en el Bihariense tardío o en la zona *Mimomys savini* (Fejfar *et al.*, 1997).

3.3.10. Pirro Nord

El yacimiento de Pirro Nord (conocido también como Cava Pirro o Cava Dell'Erba) está situado al sur de Italia, en el macizo de Gargano, en la provincia italiana de Foggia (región de Plugia) (Figura 3.2).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El conjunto de vertebrados de Pirro Nord consta de 20 especies de anfibios y reptiles (Delfino y Bailon, 2000), 47 especies de aves, y más de 40 especies de mamíferos (Rook *et al.*, 2004; Rook y Sardella 2005). Este último conjunto se caracteriza por la aparición de carnívoros de gran tamaño como *Pachycrocuta brevirostris*, *Homotherium latidens*, *Megantereon whitei*, *Theropithecus* sp., *Acinonyx pardinensis*, y *Canis mosbachensis* (Rook *et al.*, 2004; Arzarello *et al.*, 2007; 2009), la representación de *Hystrix refossa*, un puercoespín de gran tamaño (Rook y Sardella, 2005), y por la primera aparición en Italia de *Bison degiulii* y *Equus altidens*. (Gliozzi *et al.*, 1997). Esta asociación faunística se relaciona con el último episodio del Villafranquiense, datado entre 1,3 y 1,7 Ma. (Gliozzi *et al.*, 1997), por lo que el yacimiento de Pirro Nord está considerado como una referencia en el conjunto biocronológico del Pleistoceno Inferior de Europa occidental.

Entre los restos de micromamíferos destaca la aparición de *Allophaiomys ruffoi*, roedor afín con la biozona de *Mimomys savini-Mimomys pusillus* (Bihariense Inferior), correlacionado con el Villafranquiense (Masini y Santini, 1991; Gliozzi *et al.*, 1997).

Esta atribución biocronológica se refuerza con las investigaciones paleomagnéticas en la base sedimentaria del paquete faunístico. Éstas afirman la presencia de una magnetización negativa que relacionan con Matuyama, aunque con posterioridad al subcron Olduvai, datado alrededor de 1,7 Ma. (Napoleone *et al.*, 2003; Arzarello *et al.*, 2007; 2009).

La composición del conjunto de vertebrados permite la reconstrucción de la naturaleza del paisaje de Pirro Nord. La aparición de numerosos perisodáctilos, guepardos, puercoespínes, *Allophaiomys*, y la presencia de las especies de aves pertenecientes a las familias Otidae, Pteroclidae y Alaudidae son indicativos de un paisaje abierto y un clima árido. Sin embargo, los géneros de anfibios (como Triturus y Emys), algunas aves (como los anátidos y los caradriformes) y la aparición de musaraña *Episoriculus gibberodon*, indican la presencia de zonas húmedas de extensión variable (Gliozzi *et al.*, 1997; Arzarello *et al.*, 2009).

El conjunto lítico de Pirro Nord está formado por 9 artefactos: tres núcleos y seis lascas. Estas lascas poseen dimensiones pequeñas o medias y forma triangular o trapezoidal. El análisis lítico sugiere que la producción primaria de las lascas se realiza mediante percusión directa y con una escasa preparación de la plataforma (Arzarello *et al.*, 2007; 2009).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.11. Ceprano

El yacimiento de Ceprano se sitúa en la provincia italiana Frosinosne, en la región sur del Lacio, a 100 km. de Roma (Figura 3.2). El único resto fósil de este yacimiento fue descubierto durante unos trabajos de construcción en el año 1994. El resto corresponde a un cráneo humano situado dentro de la secuencia estratigráfica en el nivel 9. Este nivel, de 3 m. de potencia, está formado, básicamente, por arcillas brechificadas con fracturas concoideas y fisuras transversas (Ascenzi *et al.*, 1996). Como resultado de un primer estudio pormenorizado del cráneo humano se observó una morfología muy arcaica que permitió adscribirlo a la especie *Homo erectus* (Ascenzi *et al.*, 1996; Ascenzi *et al.*, 2000; Manzi *et al.*, 2001), aunque, los posteriores análisis filogenéticos condujeron a la definición de una nueva especie, *Homo cepranensis* (Mallegni *et al.*, 2003). Este conjunto ha sido relacionado con diversas series regionales del Pleistoceno Inferior y Medio que favorecen una aproximación cronológica. La edad probable sitúa el cráneo de Ceprano entre 0,8 y 0,9 Ma. (Ascenzi *et al.*, 2000; Manzi *et al.*, 2001).

Recientemente, los análisis paleomagnéticos realizados en la secuencia de Ceprano, se ha hallado el límite entre el cron Matuyama y el cron Brunhes a unos 45 m. por debajo del nivel donde se encontró el resto fósil (Muttoni *et al.*, 2009). Estos autores, correlacionan este nivel con la secuencia estratigráfica lacustre de Liri, en el Valle Latina (datado en 0,6 y 0,35 Ma. por K-Ar), y ofrecen una edad aproximada de 0,45 Ma. para el cráneo de Ceprano, situándolo a mediados del episodio Brunhes.

3.3.12. Ca'Belvedere de Monte Poggiolo

El yacimiento arqueológico de Ca'Belvedere de Monte Poggiolo está situado en Forlì, en la provincia italiana Emilia-Romagna, cerca de la actual desembocadura del Po (Figura 3.2). Es un yacimiento al aire libre que se compone, exclusivamente, de abundantes restos líticos tallados en sílex y caliza y de gasterópodos (Peretto *et al.*, 1998).

Este yacimiento presenta dos paquetes sedimentarios bien diferenciados. El paquete inferior, correspondiente a una playa litoral, está formado por arcillas azules de carácter marino con polaridad inversa atribuida al cron Matuyama. La fauna marina hallada en este nivel data entre 1,1 y 1,4 Ma. (Gagnepain *et al.*, 1998).

El registro arqueológico está contenido en el paquete superior, formado por una sucesión de niveles de arenas y gravas que corresponden a una zona de marismas.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La industria lítica se talló sobre pequeños núcleos de sílex explotados mediante una técnica bipolar no muy compleja (Vergès, 2003). Ha sido posible realizar un gran número de remontajes, indicando que la talla tuvo lugar *in situ* (Peretto *et al.*, 1998; Terradillos y Moncel, 2004). Las dataciones isotópicas por ESR, efectuados sobre restos de cuarzo detrítico, situan este nivel en una edad media de 1,065 ± 0,165 Ma. (Gagnepain *et al.*, 1998).

En general el conjunto muestra el inicio de una fase regresiva del mar, donde es posible observar la presencia humana en la desembocadura de un curso fluvial, indicando el aprovechamiento de las llanuras de la costa adriática (Peretto *et al.*, 1998).

El estudio polínico realizado en los niveles azulados se han identificado bosques mesófilos caducifolios (presencia de taxones como *Abies, Picea, Ulmus, Corylus, Quercus, Carpinus, Artemisa*) relacionados con condiciones climáticas templadas y húmedas. En cambio, los análisis polínicos de los niveles superiores muestran un medio estepario propio de períodos climáticos fríos y secos (Lebreton, 2004). Entre ambos niveles es posible observar un deterioro climático progresivo durante el Pleistoceno Inferior, con una disminución de las temperaturas y un aumento de la aridez (Lebreton, 2004).

3.3.13. Tegelen

Tegelen es un yacimiento localizado en la zona occidental de la bahía del Bajo Rin, en la cuenca del Mar del Norte, en los Paises Bajos. Los sedimentos que forman la secuencia de Tegelen son, básicamente, siliciclástos depositados en una llanura fluvial por el sistema del río Rin durante el Plioceno y Pleistoceno Inferior. Estos depósitos fluviales están compuestos por diversas secuencias de gravas y arenas con arcillas intercaladas (Huismar *et al.*, 2000).

Siguiendo los trabajos palinológicos y paleobotánicos realizados por Zagwijn (1963), la presencia de *Fagus*, *Carya*, *Ptenocarya* y *Vitis* sugiere unas condiciones cálidas o templadas. Además, permite correlacionar Tegelen con la biozonación polínica Tiglianense, datada entre 2,4 y 1,7 Ma. y caracterizado por ser un período cálido y templado aunque contempla diversas fluctuaciones climáticas de carácter frío (Zagwijn, 1963).

Los taxones presentes en la secuencia de Tegelen son propiamente interglaciares. Destacan *Macaca* sp., *Anancus arvernensis*, *Elephas* (*Mammuthus*)

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

meridionalis, Dicerorhinus etruscus, Sus strozzii, Equus cf. *major, Metacervoceros rhenanus, Eucladoceros tegulensis, Cervus rhenanus, Mustela palerminea, Enhydrictis Ardea y Panthera gombaszoegensis,* entre otros (Willemsen, 1988, Spaan, 1992; Zaqwijn, 1997; O'regan y Turner, 2004). En el conjunto de micromamíferos se hallan las especies *Mimomys pliocaenicus, M. reidi, M. tigliensis* (anteriormente *M. blanci*), *M. pitymyoides, Clethrionomys kretzoi* y *Ungaromys dehmi* (Tesakov, 1998). La asociación de micromamíferos se enmarca dentro de la zona *Mimomys pliocaenicus,* en el final del Villaniense. Asimismo, la ausencia de *Microtus* (*Allophaiomys*) *deucalion,* supone una datación aproximada de Tegelen dentro del subcron Olduvai (1,95-1,77 Ma.) (Tesakov, 1998).

3.3.14. Le Vallonnet

La Cueva de Le Vallonnet está situada en la vertiente marítima de los Alpes franceses (Roquebrune-Cap Martín, Francia) (Figura 3.2). Se trata de una pequeña cavidad abierta hacia el norte, cercana al curso fluvial del río Vallonnet y a unos 800 m. de la costa (de Lumley, 1988a).

La cavidad, que aún no ha podido ser explorada en su totalidad, está formada por un estrecho corredor que desemboca en una pequeña sala de unos 10 m^2. La estratigrafía del relleno de esta sala se divide en cinco grandes unidades, nombradas de suelo a techo (de Lumley, 1988b). Las dataciones por ESR de la capa estalagmítica de la unidad inferior o Unidad I ofrecen una edad de 1,4 y 1,37 Ma. Por su parte, los análisis paleomagnéticos realizados en la Unidad III sitúan a este paquete en un estadio magnético positivo. Además, los 25 taxones de mamíferos diferentes identificados en esta unidad, presentan una clara asociación Villafranquiense final, lo que permite situar el evento magnético positivo en el subcron Jaramillo, datado entre 1,07 y 0,99 Ma. Estos taxones son *Macaca sylvanus florentina, Ursus deningeri, Xenocyon lycaonoides, Canis mosbachensis, Alopex praeglacialis, Pachycrocuta brevirostris, Homotherium crenatidens, Acinonyx pardinensis, Panthera gombaszoegensis, Panthera pardus, Lynx spelaeus, Felis silvestris, Meles meles, Mammuthus meridionalis, Stephanorhinus hundsheimensis, Equus stenonis* s.l., *Hippopotamus* cf. *antiquus, Sus* sp., *Bison schoetensacki, Praeovibos* sp., *Ammotragus europaeus, Hemitragus bonali, Rupicaprini* gen. ind. sp. ind., *Praemegaceros* cf. *verticornis* y *Pseudodama nestii vallonnetensis* (de Lumley *et al.*, 1988b; Moullé *et al.*, 2006a; 2006b).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Finalmente, durante la formación de la Unidad IV se cierra el acceso a la sala y se da una nueva capa estalagmítica fechada, mediante ESR, en 0,89 ± 0,075 y 0,91 ± 0,06 Ma. (Yokoyama *et al.*, 1988).

Entre la industria lítica recuperada predominan los útiles de gran tamaño, especialmente los percutores y lascas. Estas herramientas han sido realizadas principalmente sobre cantos de caliza, arenisca, y excepcionalmente, sobre cuarcita y sílex. Según las investigaciones llevadas a cabo hasta el momento, el conjunto lítico de Le Vallonnet presenta los carácteres representativos de las industrias arcaicas de Europa, de tradición preolduvayense (de Lumley *et al.*, 1988a; Terradillos y Moncel, 2004).

Durante el estudio zooarqueológico y tafonómico de los restos óseos se identifica una intensa fracturación realizada sobre huesos largos con percutor y una importante intervención de carnívoros (Echassoux, 2009). Ello indica que la cavidad ha fue ocupada por homínidos, en alternancia con diferentes especies de carnívoros. La escasa presencia de huesos con marcas de corte ha sido atribuida a la calidad de las materias primas líticas (Echassoux, 2009).

3.3.15. Saint-Vallier

Este yacimiento, situado en la población del mismo nombre, en Drôme (Francia), fue descubierto en 1855 y excavado por primera vez entre 1946 y 1956 por Jean Viret, de la Universidad de Lyon. Las excavaciones se reanudaron en 1993 hasta 1999 por un equipo encabezado por Martín Fraure y Claude Guérin, obteniendo nuevos resultado y cronologías.

La fauna de Saint-Vallier es abundante. Destacan taxones como *Cervus philisis*, *Allohippus stenonis*, *Eucladoceros ctenoides*, *Cervus ramosus*, *Gazella borbonica*, *Leptobos elatus merlai*, *Anancus arvernensis*, *Mammuthus meridionalis*, *Meles thorali* y *Pachicrocuta perrieri*. También se ha identificado la presencia de los roedores *Mimomys pliocaenicus*, *M.* cf. *pusillus* y *Apodemus atavus*, el lagomorfo *Oryctolagus lacosti*, los insectívoros *Talpa fossilis*, *Sorex minutus* y *Beremendia fissidens*, y las aves *Cygnus* cf. *cygnus* y *Haliaetus albicilla* (Guérin, 2004; Guérin *et al.*, 2004; Mourer-Chauviré, 2004). Las alteraciones identificadas en la superficie de los restos indican que su origen está relacionado con la predación de varios carnívoros y un posterior transporte, de corta distancia, por medios hídricos (Valli, 2004). No se ha hallado ninguna traza sobre los restos faunínsticos ni ningún útil lítico que evidencie la presencia humana en Sant-Vallier (Valli, 2004).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Las dataciones realizadas por ESR ofrecen una cronología entre 1,9 y 2,2 Ma. (Bouchez *et al.*, 1983), mientras que los análisis paleomagnéticos sugieren una datación de 2 Ma. Por su parte, la asociación faunística indica correlación con las observadas en el Villafranquiense medio de otros yacimientos como Villány y la Cuenca de Dacique (MNQ17).

Las muestras polínicas son, en general, pobres. Se han encontrado taxones arbóreos, siendo *Pinus* el más abundante, seguido de *Quercus*, *Corylus*, *Platanus*, *Alnus*, *Betula*, *Cedrus*, *Fagus*, *Ligustrum* y *Abies*. Las herbáceas como *Poaceae*, *Ambrosia*, *Chenopodiaceae* y *Rumex*, son menos comunes. De este modo, y mediante los datos polínicos y faunísticos, se interpreta un paisaje de estepa, parcialmente forestal, con proximidad masas de agua, en un clima relativamente húmedo y templado (Guérin *et al.*, 2004; Mourer-Chauviré, 2004; Valli, 2004).

3.3.16. Soleihac

El yacimiento al aire libre de Soleihac se localiza en Balzanc, departamento de Haute-Loire, en el macizo central francés (Figura 3.2). El registro de Soleihac se encuadra en una secuencia lacustre de interior de cráter volcánico (*maar*) de unos 70 m. de profundidad (Bonifay y Bonifay, 1981; Bonifay y Mergoil, 1988). En dicha secuencia se han diferenciado seis niveles diferentes (nombrados de A a F).

Los análisis paleomagnéticos se realizaron en el nivel C, donde se ha documentado la presencia humana a través de industria lítica. Señalan que dicho nivel arqueológico corresponde a una fase de magnetismo positivo, enmarcada entre dos fases sedimentarias (B y D) con polaridad inversa. Así, el nivel C ha sido relacionado con el subcron Jaramillo (entre 1,07 y 0,99 Ma.) (Thouveny y Bonifay, 1984).

Sin embargo, la asociación faunística registrada en los niveles de Soleihac presenta especies características de los conjuntos post-Villafranquienses, junto con algunas especies propias del Villafranquiense terminal (Bonifay y Bonifay, 1981), por lo que para algunos autores, esta asociación podría ser más propia del Pleistoceno Medio inicial (Roebroeks y Kolfschoten, 1995).

El registro lítico recuperado combina la presencia de grandes herramientas elaboradas sobre cantos o pequeños bloques de basalto y granito; y objetos de pequeño formato sobre lascas de sílex y cuarzo, formando raederas y denticulados (Bonifay y Bonifay, 1981; Bracco, 1991).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Las investigaciones tafonómicas y zooarqueológicas y los análisis espaciales llevados a cabo en los niveles arqueológicos señalan a los homínidos como principal agente acumulador de carcasas de animales. Sin embargo, se ha observado un escaso número de marcas de corte en la superficie de restos óseos, que ha sido atribuido a la mala calidad de las materias primas utilizadas para la industria y a la mala conservación de la cortical de los huesos (Fosse, 1994).

En este nivel C se describen unas estructuras de unos 20 m. de longitud, construidas con bloques de basalto y huesos de grandes mamíferos como elefantes destinadas a la protección contra el viento o de refugio (Bonifay, 1991; Fosse, 1994).

3.3.17. Lézignan-la-Cèbe

Este yacimiento al aire libre, recientemente descubierto y publicado por Crochet y colaboradores (2009), está situado en el departamento de Herault, en el Languedoc-Rousillon.

Los niveles fosilíferos, de origen fluvial y volcánico, están localizados en el centro de una colada de basalto fruto de la activación del volcán de Baumes, situado a 8 km. al norte del yacimiento. Esta colada está datada mediante $^{36}Ar/^{40}Ar$ en 1,57 Ma. (Crochet *et al*., 2009).

La fauna registrada es muy similar a la hallada en otros yacimientos del Pleistoceno Inferior de Francia central (MNQ18-MNQ19). La asociación está formada por taxones como *Leptobos etruscus*, *Eucladoceros ctenoides vireti*, *Equus altidens*, *Dicerorhinus etrustucs etruscus*, Elephantidae indet., *Canis etruscus*, *Meles thorali*, *Homotherium crenatidens*, *Pachycrocuta brevirostris*, *Prolagus* sp., *Allocricetus* sp., *Apodemus* sp., *Talpa fossilis*, Testudo nov. sp. y diferentes especies de pequeños cérvidos y aves indeterminados. Se documenta también el género Microtus, siendo la aparición más antigua de este genero en el oeste de Europa (Crochet *et al*., 2009). Estos autores relacionan la presencia de équidos, cérvidos, lagomorfos y carnívoros está relacionada con medios abiertos con islotes boscosos cercanos, en un clima dominante cálido y relativamente húmedo.

El registro lítico hallado en Lézignan-la-Cèbe está formado por 20 piezas. Entre las materias primas más abundantes destaca la cuarcita, el basalto y el sílex. Destaca la presencia de *choppers*, cuya talla se realiza a través de la percusión directa con percutor duro.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.18. Pont-de-Lavaud

Este yacimiento está situado en el norte del macizo central francés, en el departamento del Indre. Los sedimentos de la secuencia estratigráfica son de origen aluvial y están compuestos por limos gruesos y grava de cuarzo fluvial fuertemente erosionada. La secuencia de Pont-de-Lavaud está datada, mediante la aplicación de ESR en cuarzos, en 1,1 Ma. (Despriée *et al.*, 2006).

En varios niveles aqueológicos de la formación aluvial de Pont-de-Lavaud se halla un importante registro de industria lítica. Este conjunto está formado por más de 5000 piezas, donde domina el cuarzo como materia prima principal. En este material se practican tres métodos de talla diferenciados: la talla con percutor duro, la percusión sobre yunque y la percusión lanzada. En general, la industria sobre canto es poco común, destacando los *choppers*, los *chopping-tools* y los poliedros. Mientras los núcleos se explotan por talla ortogonal y centrípeta, en las lascas se observa el retoque abrupto o denticulado, en una cadena operativa generalmente corta (Despriée *et al.*, 2006; en prensa).

Los fenómenos de crioturbación que afectan a los sedimentos sugieren a Despriée y colaboradores (2006) un clima de carácter periglacial.

3.3.19. Incarcal

La localidad arqueológica de Incarcal, excavada de forma intermitente entre 1984 y 2005, se localiza en la cantera Cal Taco, en el municipio de Crespià (Girona, España) (Figura 3.2). La formación caliza de este yacimiento contiene oquedades de origen cárstico que funcionn a modo de embudos que se rellenan de arcillas y restos paleontológicos (Galobart, 2003).

En la asociación faunística representada destacan los grandes mamíferos como *Mammuthus meridionalis*, *Hippopotamus*, *Stephanorhinus etruscus*, Bison indet., Megacerini indet., *Equus stenonis* (Colomer *et al.*, 2003; Galobart *et al.*, 2003; Menéndez *et al.*, 2003; Vila *et al.*, 2003). Entre los pequeños mamíferos se hallan *Allophaiomys* sp., *Mimomys* cf. *blanci*, *Apodemus mystacinus*, *Sorex* cf. *minutus*, y diferentes taxones pertenecientes a Oryctolagus, Lepus y Prolagus (Galobart y Agustí, 2003a; Maroto *et al.*, 2003). Esta asociación está datada entre 1 y 1,5 Ma., en el Pleistoceno Inferior.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Entre las arcillas de Incarcal se han recuperado dos macrorestos vegetales identificados como *Juglans*, y cuatro negativos o moldes del fruto de esta misma especie. Estos hallazgos confirmarían la existencia de un ambiente acuático de nogal y otras especies de ribera que formarían un bosque de tipo mesófilo (Buxó, 2003). Esta interpretación se vería reforzada por el registro paleontológico documentado en este enclave que pone de manifiesto la existencia de un biotopo abierto y lacustre con un alto grado de humedad, similar al de Venta Micena (Galobart, 2003; Galobart y Agustí, 2003b).

3.3.20. Cal Guardiola

Este yacimiento se sitúa en la ribera oeste del Torrente Vallparadís a su paso por la localidad barcelonesa de Terrassa, en el noreste de la Peninsula Ibérica (Figura 3.2). Fue localizado en el transcurso de una construcción, en el año 1997. Las excavaciones proporcionaron cerca de 3000 restos de mamíferos, así como abundantes restos de macrovegetales en un excelente estado de conservación.

Cal Guardiola se localiza en la depresión del Vallés, limitada al nordeste y sudoeste por fallas activas en el Neógeno (Cabrera y Calvet, 1996). La procedencia de los sedimentos aluviales de relleno es neógena y cuaternaria, fruto de la erosión de las rocas que conforman la Sierra Prelitoral Catalana (Agustí *et al.*, 1997a; Berástegui *et al.*, 2000).

Algunos de los taxones de grandes vertebrados identificados son *Macaca sylvanus florentina, Pachycrocuta, Meles meles, Canis mosbachensis, Vulpes* sp., Canidae indet., Felidae indet., *Lynx* sp. *Stephanorhinus hundsheimensis*, *Hippopotamus antiqus, Elephas antiquus Equus altidens, Dama vallonnetensis, Bison* sp., *y* dos líneas evolutivas de úrsidos diferentes (Alba *et al.*, 2008; Madurell-Malapeira *et al.*, 2009b).

Recientes análisis paleomagnéticos realizados en la secuencia estratigráfica ofrecen una cronología anterior al 0’78 Ma. para Cal Guardiola (Postigo Mijarra *et al.*, 2007). La aparición de restos de roedores pertenecientes a los taxones *Mimomys savini* y *Allophaiomys burgondiae* concreta la edad entre 1,2 y 0,8 Ma., dentro del biocron Epivillafranquiense (Postigo Mijarra *et al.*, 2007).

Los análisis paleobotánicos realizados en el nivel 2 de Cal Guardiola, cronológicamente perteneciente al Pleistoceno Inferior, identifican taxones como *Populus*, *Salix, Viburnum*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Typha-Sparganium*, *Myriophyllum*,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Sagitaria, *Potamogeton*, *Alisma*, *Utricularia*, *Lemna*, *Polygonum* y *Nuphar* que indican la presencia de un ecosistema de ribera. Asimismo, la presencia de *Quercus*, *Acer*, *Carpinus*, *Aesculus*, *Platanus*, *Carya*, *Juglans* y *Celtis* sugieren un bosque meso/termo-hidrófilo. Durante el Pleistoceno Inferior final y el Pleistoceno Medio se identifican taxones pertenecientes a la familia Taxodiaceae (*Betula*, *Abies* y *Pinus sylvestris*) que indican la existencia de bosques adaptados al clima frío y a la alta precipitación, sugiriendo un recrudecimiento de las condiciones climáticas (Postigo Mijarra *et al.*, 2007).

3.3.21. Vallparadís

El yacimiento paleo-arqueológico de Vallparadís se sitúa a escasos metros del yacimiento de Cal Guardiola, en la ciudad de Terrassa (Barcelona, España) (Figura 3.2). En el año 2005, la construcción de una estación de ferrocarriles cercana a Cal Guardiola fuerza una intervención preventiva en la que se descubre el yacimiento de Vallaparadís. La excavación en extensión, llevada a cabo entre 2005 y 2008, proporcionó cerca de 26.000 restos de macromamíferos, micromamíferos y macrorestos vegetales.

Vallparadís se sitúa en la depresión del Vallés, limitada al nordeste y sudoeste por fallas activas en el Neógeno (Cabrera y Calvet, 1996). Los sedimentos de relleno son, como en Cal Guardiola, fruto de la erosión de rocas metamórficas, volcánicas y plutónicas realizada durante el Neógeno y el Cuaternario (Agustí *et al.*, 1997a).

Los análisis magnetoestratigráficos y bioestratigráficos preliminares indican que la serie pleistocena se iniciaría en el subcron paleomagnético Jaramillo y finalizaría a principios del Pleistoceno Medio (Madurell-Malapeira *et al.*, 2009a). En los 20 m. de secuencia estratigráfica de Vallparadís es posible hallar dos grandes unidades. En la unidad inferior de la serie, que corresponde al Pleistoceno Inferior, se han excavado dos niveles geológicos. El nivel 16 que se correlaciona cronológicamente al subcron Jaramillo, y el nivel 10, anterior al límite paleomagnético Brunhes-Matuyama. Ambos niveles están compuestos por restos de *Macaca sylvanus florentina*, *Pachycrocuta brevirostris*, *Meles meles*, *Ursidae deningeri*, *Canis mosbachensis*, *Vulpes* sp., Canidae indet., Felidae indet., *Lynx* sp. *Stephanorhinus hundsheimensis*, *Hippopotamus antiqus*, *Equus* sp., *Sus scrofa*, *Dama vallonnetensis*, *Praemegaceros verticornis*, *Bison* sp., *Elephas antiquus* (Alba *et al.*, 2008; Madurell-Malapeira *et al.*, 2009a). Además, en el nivel 10 aparece restos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

pertenecientes a *Panthera gombaszoegensis*, y a *Equus altidens*. Esta asociación faunística de la unidad inferior de Vallparadís se adscribe al Epivillafranquiense.

La unidad superior de la serie está compuesta por diferentes niveles correlacionados cronológicamente con el Pleistoceno Medio. Destaca el nivel 11, donde abundan los restos de *Stephanorhinus* sp., *Equus* sp., *Cervus elaphus*, *Bison* sp., *Vulpes* sp. y de macrorestos vegetales actualmente en fase de estudio (Madurell-Malapeira *et al.*, 2009a).

El registro lítico de Vallparadís es escaso. La materia prima dominante es el cuarzo. Las características morfotécniques del registro lítico de Vallparadís están muy condicionadas por el escaso desarrollo temporal de los procesos de talla y por la mínima intervención técnica que muestran los objetos (Martínez y García, 2008).

A pesar de que los análisis polínicos realizados no han identificado restos de pólen en el nivel 10 (Burjachs *et al*., 2007), los taxones faunísticos representados permiten distinguir un ecotono donde se combinan los espacios abiertos y los bosques. Este entorno se hallaria cercano a un curso de agua alto y regular. El clima sería templado, con un régimen pluviométrico alto (Martínez y García, 2008).

3.3.22. Cueva Victoria

Cueva Victoria es un yacimiento paleontológico situado en el cerro de San Ginés de la Jara, junto al pueblo del Estrecho de San Ginés, próximo a la localidad de La Unión (Cartagena, Murcia).

En los sedimentos de relleno se han encontrado restos de más de 60 especies de vertebrados. Entre los pequeños mamíferos, se destaca *Crocidura kornfeldi*, *Erinaceus* cf. *europeus*, *Allophaiomys chalinei*, *Apodemus* aff. *mystacinus*, *Castillomys crusafonti rivas*, *Eliomys quercinus* ssp., *Hystrix* aff. *major*, *Myotis emarginatus*, *Rhinolophus mehelyi*, *Miniopterus* sp., *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*; (Alcalde *et al.*, 1981; Agustí, 1982; Sevilla, 1988). Entre los grandes mamíferos destaca *Theropithecus* sp., *Canis etruscus*, *Vulpes* sp., *Xenocyon lycaoides*, *Panthera onca gombaszoegensis*, *Puma pardoides*, *Homotherium crenatidens*, *Meganthereon* cf. *cultridens*, *Pachycrocuta brevirostris*, *Ursus* cf. *etruscus*, *Lynx spelaea*, *Mustela* sp., *Hippopotamus antiquus*, *Hemitragus bonali*, *Megaloceros savini*, y *Bos*/*Bison* sp., *Dama* sp., *Stephanorhinus etruscus*, *Equus granatensis*, *Equus* sp. y *Mammuthus meridionalis* (Pons-Moyá, 1982; Crégut-Bonnoure, 1999; Martínez-Navarro *et al.*, 2005; Palmqvist *et al.*, 2005). Entre los anfibios y reptiles destacan

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Pelodytes sp., *Bufo* cf. *bufo*, *Blanus cinereus*, *Tarentola* sp., *Chalcides* cf. *bedriagai*, *Timon* cf. *lepidus*, *Natrix maura*, *Coronella girondica*, *Rhinechis scalaris* y *Malpolon* cf. *monspessulanus* (Colubridae) (Blain *et al.*, 2008a). Esta asociación faunística corresponde al Pleistoceno Inferior (Gibert *et al.*, 2006a). Los datos paleomagnéticos ofrecen una polaridad inversa en gran parte de la secuencia estratigráfica, hallando el cambio de la polaridad normal hacia el techo de la misma (Gibert *et al.*, 2006a). Esta cambio de polaridad podría corresponderse, en base a las faunas de micromamíferos, con la base del Jaramillo, con una estimación cronológica de 1,07 Ma. (estadio isotópico 31) (Blain *et al.*, 2008a). De este modo, este yacimiento se emplaza entre los yacimientos arqueopaleontológicos de la Cuenca de Guadix-Baza (Fuente Nueva-3 y Barranco León 5) y los niveles inferiores de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca).

Los estudios tafonómicos sugieren que el yacimiento de Cueva Victoria fue utilizada como cubil por parte de hienas, quienes produjeron la acumulación de restos óseos que se encuentran en ella (Gibert *et al.*, 1992).

La controversia de este yacimiento versa sobre la asignación de una pequeña falange al género Homo. Mientras diversas investigaciones, argumentan su correspondencia con una segunda falange humana del quinto dedo de la mano derecha (Gibert y Pons, 1984; Gibert *et al.*, 1985; Gibert y Pérez Pérez, 1989; Palmqvist *et al.*, 1996), otros autores opinan que se trata de una segunda falange del pie de *Theropithecus* sp. (Martínez-Navarro *et al.*, 2005).

Las inferencias paleoecológicas del Pleistoceno Inferior de Cueva Victoria se han realizado en base al conjunto de herpetofauna. Esta asociación indica la presencia de un paisaje mediterráneo abierto, con cercanía de agua. Las condiciones climáticas deberían ser templadas, un tanto más frescas y húmedas que las actuales en la zona (Blain *et al.*, 2008a).

3.3.23. Depresión de Guadix Baza

La cuenca de Guadix-Baza se localiza en Granada, mayoritariamente en la provincia de Almería (Figura 3.2). Esta cuenca de la cordillera Bética corresponde a una antigua cuenca de sedimentación continental formada por sistemas aluviales y de delta, así como por sistemas lacustres poco profundos depositados desde el final del Mioceno y durante el Plioceno y Pleistoceno. La diversidad sedimentaria se corresponde con dos formaciones, la de Guadix, constituida por sedimentos de origen fluvial, y la de Baza, de origen lacustre (Vera *et al.*, 1985). En el sector nordeste de la cuenca de Baza se localizan tres yacimientos cuyos rellenos están formados por la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

sucesión de unidades formadas por estratos paleolacustres y unidades formadas por estratos aluviales. Estos yacimientos son Venta Micena, Barranco León, Fuente Nueva 3. El registro fósil del primero está formado, exclusivamente, por restos faunísticos mientras que los dos últimos yacimientos poseen un registro paleoarqueológico.

Según las investigaciones paleomagnéticas realizadas en la cuenca de Baza, Venta Micena, Barranco León y Fuente Nueva 3 presentan polaridad inversa correspondiente con Matuyama, alrededor de 1,3 Ma. (Oms *et al.*, 2000a; 2000b; Gibert *et al.*, 2006b; 2007; Scott *et al.*, 2007). Las faunas de grandes mamíferos y microvertebrados de los tres yacimientos son similares debido a la proximidad física y cronológica, pero las pequeñas diferencias existentes entre la presencia y ausencia de algunos taxones permiten establecer una edad aproximada dentro del cron.

3.3.23.1. Venta Micena

El yacimiento paleontológico de Venta Micena está situado en el este de la cuenca de Guadix-Baza, en la cañada de El Salar. La secuencia de este yacimiento corresponde a la sucesión de arcillas micríticas con concreciones carbonatadas.

La polaridad inversa detectada en la secuencia de Venta Micena mediante los análisis paleomagnéticos es interpretada dentro del cron Matuyama, aunque, la lista faunística de Venta Micena permite concretar una la datación en 1,3 Ma. Esta asociación está compuesta por *Ursus etruscus, Canis etruscus, Canis* cf. *falconeri*, *Stephanorhinus etruscus, Vulpes praeglacialis*, *Homotherium latidens, Megantereon* sp., *Lynx* sp., *Pachycrocuta brevirostris, Meles* sp., *Mammuthus meridionalis*, *Equus granatensis*, *Stephanorhinus etruscus*, *Hippopotamus antiquus*, *Praemegaceros* sp., Cervidae indet., *Bubalus* sp., *Soergelia minor*, *Hemitragus alba*, *Allophaiomys ruffoi*, *Apodemus mystacinus*, *Apodemus sylvaticus*, *Castillomys rivas*, *Eliomys intermedius*, *Hystrix major*, *Prolagus calpensis*, *Oryctolagus* sp., *Asoriculus gibberodon*, *Discoglossus jeanneae*, *Pelophylax perezi*, *Natrix maura*, *Timon lepidus* (Oms *et al.*, 2000b; Blain, 2003; 2005; Gibert *et al.*, 2006b; 2007; Scott *et al.*, 2007; Agustí *et al.*, en prensa). La asociación faunística de Venta Micena ha sido tafonómicamente interpretada como la acumulación realizada por la intensa actividad de las hienas gigantes (*Pachycrocuta brevirostris)*, quienes depositarían los restos en cubiles poco profundos, excavados alrededor de las lagunas que rodeaban el lago de Orce en el Pleistoceno (Arribas y Palmqvist, 1998; Palmqvist *et al.*, 2002).

Las diferentes excavaciones llevadas a cabo en Venta Micena han proporcionado cuatro restos fósiles, un fragmento de cráneo y tres fragmentos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

diafisários de huesos largos, atribuidos al género *Homo* (Gibert *et al.*, 1989; 1998; 2002). Sin embargo, los diferentes análisis anatómicos, morfométricos e inmunológicos realizados a lo largo de los últimos años no han presentado resultados concluyentes sobre esta asignación (Moyá-Solá y Köhler, 1997; Martínez-Navarro, 2002; Torres *et al.*, 2002; Palmqvist *et al.*, 2005).

3.3.23.2. Barranco León 5

Barranco León está situado a los pies de la sierra de Umbría, cercano al pueblo de Orce (Granada). La secuencia de este yacimiento corresponde a la sucesión de calizas, areniscas, gravas, limos calizos y brechas de arcillas pardas. Se han descrito cinco niveles estratigráficos con restos de vertebrados y uno de ellos con evidencia de presencia antrópica.

El paleomagnetismo de los sedimentos es inverso y se sitúa, aunque de forma imprecisa, en Matuyama (Oms *et al.*, 2000a; 2000b; Gibert *et al.*, 2006b; 2007; Scott *et al.*, 2007). De igual forma, el conjunto de grandes mamíferos apunta a una edad de Pleistoceno Inferior: *Mammuthus meridionalis*, *Hippopotamus antiquus*, *Megaloceros* cf. *obscurus*, *Pseudodama* sp., Bovini indet., Caprini indet, *Hemitragus* cf. *albus*, *Equus altidens*, *Stephanorhinus* cf. *hundsheimensis*, *Megantereon* cf. *whitei*, *Pachycrocuta brevirostris*, *Ursus* sp. y *Canis mosbachensis*. Además, el registro de microvertebrados está compuesto por *Allophaiomys lavocati*, *Allophaiomys* sp., *Mimomys savini*, *Castillomys crusafonti rivas*, *Apodemus flavicolis*, *Apodemus mystacinus*, *Hystrix* sp., *Oryctolagus* cf. *lacosti*, *Prolagus* cf. *P. calpensis*, *Erinaceinae* cf. *E. praeglaciaris*, *Crocidura* sp., *Sorex minutus*, *Sorex* sp., *Asoriculus gibberodon*, *Galemys* sp., *Discoglossus* cf. *jeanneae*, *Pelobates cultripes*, *Bufo bufo*, *B. calamita*, *Bufo* sp., *Hyla meridionalis*, *Pelophylax* cf. *perezi*, *Chalcides* cf. *bedriagai*, *Timon* cf. *lepidus*, Lacertidae indet., *Dopasia* sp., *Natrix maura*, *Natrix natrix*, *Rhinechis scalaris*, *Malpolon monspessulanus* (Agustí, 1986; Oms *et al.*, 1999; Agustí y Madurell, 2003, Blain, 2003, 2005; Agustí *et al.*, en prensa; Blain *et al.*, en prensa). Estas especies, especialmente los micromamíferos, corresponden a la biozona de *Allophaiomys pliocaenicus*, inmediatamente anterior a la zona de *Allophaiomys burgondiae* de Fuente Nueva 3, permitiendo datar el nivel de Barranco León 5 entre 1,3 y 1,2 Ma. (Agustí y Madurell, 2003).

El análisis polínico permite identificar diversos taxones entre los que predominan los de carácter arbóreo y los indicadores de humedad. Este es el caso de *Ligustrum, Ulmus, Fraxinus, Corylus y Salix* (Jiménez Moreno, 2003). Este espectro

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

polínico muestra un paisaje típico de barrancos umbríos y márgenes de pequeños cursos fluviales o charcas. No obstante, también se ha identificado un porcentaje de taxones típicos de vegetación arbórea de montaña como *Pinus, Betula, Picea* y *Cedrus*, así como un escaso porcentaje de gramíneas.

El conjunto lítico está compuesto por 1292 elementos, mayoritariamente lascas, aunque destaca un pequeño número de núcleos. La materia prima utilizada preferentemente es el sílex de origen local, recogido en posición secundaria, cuyos afloramientos se localizan en la Sierra de Orce. Las lascas son de pequeñas dimensiones (menores a 2 cm.) y presentan, mayoritariamente, un borde cortante de retoque simple, discontinuo y alterno, situado en el lado opuesto del dorso natural (Gibert *et al.*, 1995; 1998; Toro *et al.*, 2003).

3.3.23.3. Fuente Nueva 3

El yacimiento de Fuente Nueva se localiza sobre una de las vertientes que dominan el valle fluvial de la Cañada de Vélez, cercano de la localidad de Orce (Granada). Fuente Nueva 3 está formado por una secuencia de calizas, limos blancos calizos y brechas de arcillas.

La polaridad inversa identificada en Fuente Nueva 3 mediante los análisis paleomagnéticos se interpreta dentro del cron Matuyama, aunque, la adscripción de la asociación microfaunística a la zona de *Allophaiomys burgondiae*, anterior a las registradas en el nivel TD6 de Gran Dolina y en Le Vallonnet, permite datar Fuente Nueva 3 entorno a los 1,2 Ma. (Martínez-Navarro *et al.*, 1997).

Además, destacan otras especies como *Mammuthus meridionalis*, *Hippopotamus antiquus, Megaloceros* cf. *obscurus, Pseudodama* sp., Bovini indet., Caprini indet, *Hemitragus* cf. *albus*, *Equus altidens*, *Stephanorhinus* cf. *hundsheimensis, Megantereon* cf. *whitei, Pachycrocuta brevirostris*, *Ursus* sp., *Canis mosbachensis, Vulpes* sp. (cf. *V. praeglacialis*), *Meles* sp., *Allophaiomys lavocati*, *Allophaiomy*s sp., *Mimomys savini*, *Castillomys crusafonti rivas, Apodemus flavicolis*, *Apodemus mystacinus*, *Hystrix* sp., *Oryctolagus* cf. *lacosti*, *Prolagus* cf. *calpensis*, *Erinaceinae* cf. *praeglaciaris*, *Crocidura* sp., *Sorex minutus*, *Sorex* sp., *Asoriculus gibberodon*, *Galemys* sp., *Discoglossus* cf. *jeanneae*, *Pelobates cultripes, Bufo bufo, Bufo calamita*, *Bufo* sp., *Hyla meridionalis*, *Pelophylax* cf. *perezi*, *Chalcides* cf. *bedriagai*, *Timon* cf. *lepidus*, Lacertidae indet., *Dopasia* sp., *Natrix maura*, *Natrix natrix*, *Rhinechis scalaris*, *Malpolon monspessulanus* (Agustí, 1986; Oms *et al.*, 1999;

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Agustí y Madurell, 2003, Blain, 2003, 2005; Agustí *et al.*, en prensa; Blain *et al.*, en prensa).

Las muestras del sondeo polínico realizado permiten identificar 35 taxones distintos entre los que destacan *Pinus, Olea, Quercus, Cupressaceae, Fraxinus, Corylus, Ilex, Ligustrum, Cedrus* y *Picea* (Jiménez Moreno, 2003). Los taxones identificados evidencian el predominio de la vegetación arbórea respecto a la herbácea, indicando una vegetación estructurada en un bosque. Los taxones de esta formación boscosa responden, como el caso de Barranco León, a dos condicionantes principales: el requerimiento de un alto grado de húmedad, posiblemente en relación con la existencia de una comunidad de ribera, y a la situación en alta montaña.

El conjunto lítico está formado, a día de hoy, por 932 piezas, donde destacan las lascas y débris. La materia prima mayoritaria es el sílex de origen local, aunque existen piezas realizadas sobre cuarcita y algunos cantos y pequeños bloques de caliza micrítica (Toro *et al.*, 2003; 2009).

3.3.24. Sierra de Atapuerca

La Sierra de Atapuerca se situa al Este de la ciudad de Burgos (Castilla y León, España) (Figura 3.2). Este promontorio se extiende de noroeste a sudeste, entre los sistemas montañosos de la Cordillera Cantábrica y el Sistema Ibérico. La excavación, correlación y datación de las diversas cavidades kársticas con rellenos sedimentarios permiten obtener información de una amplia serie cronológica que abarca la segunda mitad del Pleistoceno Inferior hasta el Holoceno. Las cavidades de este conjunto que nos ofrecen información del Pleistoceno Inferior europeo son Sima del Elefante y Gran Dolina. Dado que los restos de micromamíferos de estos dos conjuntos arqueopaleontológicos son el objeto de la presente Tesis, estos dos yacimientos están extensamente descritos en los capítulos 8 y 10.

Los datos extraídos del estudio palinológico de la Sierra de Atapuerca indican que la meseta norte de la Península Ibérica a finales del Pleistoceno Inferior presentaba un paisaje vegetal adehesado, con abundantes encinas, pinos, acebuches, aladiernas y matorrales de coscoja, lentisco y brezos en las llanuras (García Antón, 1995; Burjachs, 2002). Existirían pequeños bosques mixtos de encinas y robles y otros árboles caducifolios como arces y avellanos en las zonas más umbrías, así como bosques de ribera que seguirían los cursos de agua (en galería) y en las zonas pantanosas. Existieron taxones que actualmente no habitan en la península de manera espontánea, como los representantes de la familia de las Taxodiáceas o el *Carpinus*.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.3.25. Otros yacimientos

Como ya hemos dicho anteriormente, existen otros yacimientos del Pleistoceno Inferior europeo, de los que existe una información sesgada o muy parcial, pero que son vitales para el conocimiento de las faunas regionales y su evolución. Este es el caso de la localidad de Villány, en Hungría, y de la Cuenca de Dacique, en Rumania.

Villány

A mediados de los años 50, Kretzoi (1956, en Guérin *et al.*, 2004) intenta esclarecer la entramada estratigráfica de los yacimientos cársticos de Villány, en Hungría, surgiendo cuatro listas faunisticas que podrían pertenecer al Villafranquiense Medio o a inicios del Epivillafranquiense. En Villány 3 destaca la presencia de *Apodemus sylvaticus*, *Canis mosbachensis*, *Canis lupus*, *Pantera gombaszoegensis*, *Procamptoceras* cf. *brivatense*, *Hemitragus orientalis* (Guérin *et al.*, 2004).

Cuenca de Dacique: Slatina 2 y **Tetoiu 1**

Radulesco (2004, en Guérin *et al.*, 2004) señala dos yacimientos en Rumania, básicos para la descripción del Villafranquiense medio en este país. Ambos están situados en la Cuenca de Dacique. Así, señala Slatina 2, donde apunta la aparición de *Eucladoceros* sp.y *Mammuthus gromovi*, y diferentes localidades de Tetoiu 1 (Valea Roscai, La Pietris y Valea Graunceanului, esta última entre el Villafranquiense medio y el final). En la localidad Tetoiu 1 destaca la presencia a *Eucladoceros* sp., *Mammuthus meridionalis*, *Pachycrocuta perrieri*, *Trogontherium dadicu*, *Ursus etruscus*, *Meles thorali*, *Homotherium crenatidens*, *Megantereon cultridens* y *Hystrix refossa*.

3.4. Evolución del paisaje durante el Pleistoceno Inferior europeo

La vegetación del Plioceno Superior europeo (Reuveriense) es de carácter cálido y húmedo, formada, mayoritariamente por bosques con un alto contenido arbóreo. En líneas general, es al inicio de la glaciación alpina Biber (Petrigliense), que marca el inicio del Pleistoceno, cuando desaparecen de Europa de forma definitiva las

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Taxodiáceas (*Glyptostrobus, Sciadopitys, Cryptomeria, Sequoia, Taxodium)* mientras *Juglans*, *Castanea*, *Liquidambar*, *Liriodendron*, *Nyssa* y *Cinnamomum* hibernan o se refugian a la espera de una mejora climática (Carbonell *et al.*, 2005).

Las características de la vegetación durante un período glaciar son muy diferentes a las existentes en un período interglaciar (Suc y Zagwijn, 1983; Costa *et al.*, 1990) (Tabla 3.1). Estas variaciones de las comunidades vegetales deben ser interpretadas a partir de las fluctuaciones latitudinales y altitudinales y mediante la existencia de refugios climáticos (Costa *et al.*, 1990). Los taxones de Centroeuropa que no fueron capaces de desplazarse latitudinalmente y/o altitudinalemente durante las fases frías intensas, desaparecieron. En los episodios más fríos, la vegetación termófila encontró refugio en las solanas y valles angostos de los países más meridionales del continente, donde las zonas basales o de media montaña funcionaron, ocasionalmente, como enclaves de condiciones climáticas favorables, permitiendo la conservación de varios taxones. A partir de estos refugios se expanden a la menor subida de temperatura y pluviometría, repoblando las estepas de herbáceas en los interestadiales o interglaciares.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, se han realizado diversos estudios palinológicos de las diferentes fases de evolución y desarrollo de la paleovegetación en Europa, destacando los trabajos centroeuropeos a partir de los depósitos sedimentarios de los Países Bajos (Zagwijn, 1960; 1974) y los trabajos en la cuenca mediterránea (Suc, 1984) en base a los depósitos sedimentarios de la costa del noroeste de Mediterráneo. Ambos autores correlacionaron los datos de las dos biozonas polínicas en un trabajo conjunto para poseer una visión global de la evolución del Paisaje europeo (Suc y Zagwijn, 1983) (Tabla 3.1).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

	Depósitos sedimentários de la Cuenca Mediterránea			**Depósitos sedimentários de los Países Bajos**			
Cronología	Zona polínica (Suc, 1984)	Clima	Vegetación	Estadios palinológicos (Zagwijn, 1960, 1974)	Clima	Vegetación	Estadios glaciales
1,45-1,2 Ma.	*Pl III*	Templado y húmedo	bosque deciduo	*Waalian*	Cálido-frío-cálido		Interglacial
1,75-1,45 Ma.	*Pl II*	Frío y seco		*Eburonian*	Frío, aunque inicialmente presenta una corta fase templada	Durante la corta fase templada se localiza *Pinus*, *Nuphar* y *Filipendula*. Posteriormente, durante el período climático frío, se observa una disminución de taxones arbóreos y la presencia esporádica de *Juniperus*.	Glacial
2,3-1,7	*P IV- Pl I*	Cálido. Aumento progresivo de la humedad	Predominio de *Quercus*, *Carya*, *Carpinus*, *Ulmus-Zelkova*, *Acer*, *Pterocarya* y *Parrotia persica*	*Tiglian*	Clima templado, aunque se contempla una fase especialmente fría (fase B) seguida de un período de grandes fluctuaciones climáticas.	Presencia de *Fagus* (que desaparece al final del estadio) y *Carya*, *Ptenocarya* y *Vitis*. Durante la fase fría disminuye considerablemente la vegetación.	Interglacial
2,3-2,1 Ma.	*PIII*	Frío y seco	Reducción de la cobertura boscosa a favor de las asociaciones vegetales esteparias. Predominan las herbáceas como Amarantacea-Chenopodiaceae, *Artemisia* y *Ephedra*.	*Praetiglian*	Frío y seco	Exceptuando *Betula*, *Pinus* y *Acer*, desaparecen los taxones arbóreos termófilos. Predominan las gramíneas y se observa la regresión de taxones arbóreos como *Liquidambar*, *Nyssa*, *Juglans* y *Castanea*.	Glacial
3,0-2,3 Ma.	*PII*	Cálido. Se inicia un ritmo estacional.	Aumento de las especies xerófilas y reducción de los taxones húmedos. Abundan *Philyrea*, *Olea*, *Cistus*, *Quercus ilex* y *Pistacia*.	*Reuverian*	El estadio se incia con una fase cálida/templada que se va enfriando progresivamente	Predominan especies como *Pinus*, *Taxodium*, *Nyssa* y *Picea*.	Se inician los glaciales árticos
5,4-3,2 Ma.	*PI*	Cálido y húmedo	Bosque denso, donde abundan Taxodiaceae, *Myrica*, *Symplocos* y *Nyssa*	*Brunssumian*	Cálido/templado y húmedo	Predominio de taxones terciarios como *Sequoia*	

Tabla 3.1. Fases de evolución y desarrollo de la paleovegetación en Europa donde se han diferenciado dos biozonaciones polínicas a partir de los depósitos sedimentarios en la cuenca mediterránea y en los Países Bajos. En base a Suc y Zagwin (1983); Suc (1984); Vandenberghe y Kesse (1989). Modificado de Huguet (2007).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.5. Evolución de la fauna durante el Pleistoceno Inferior europeo

Durante el Pleistoceno Inferior se han observado ciclos de cambios climáticos, en un inicio cada 41 ka. y, posteriormente, cada 100 ka., coincidentes con algunos movimientos y cambios evolutivos de las especies. Estas coincidencias condujeron a realizar un estudio basado en la evolución y distribución de bóvidos y roedores africanos. Como resultado, se desarrolló una hipótesis evolutiva que afirmaba la existencia de una relación entre los cambios climáticos y la evolución de los mamíferos (deMenocal, 1995). Esta hipótesis se ha ido generalizando para otros grupos de mamíferos, inclusive los homínidos (Vrba, 1995). Sin embargo, y a pesar de que se acepta por gran parte de la comunidad científica, algunos autores cuestionan este modelo, basándose en la escasez del registro para establecer relaciones a escala global (White, 1995).

Los movimientos y migraciones de los taxones son difíciles de identificar en el registro fósil, ya que se dirigen hacia zonas próximas a áreas ocupadas por ancestros de las nuevas especies. Sin embargo, las migraciones que pueden observarse en el registro paleontológico permiten establecer una serie de pautas de evolución de las faunas y biozonas durante el Pleistoceno Inferior.

Se denomina biozona a un estrato o conjunto de estratos caracterizados por el contenido de ciertos taxones o por una asociación de taxones faunísticos o polínicos. Frecuentemente la definición de las diferentes biozonas se realizan en la Península Italiana, donde se localizan las secuencias estratigráficas más largas y completas. A pesar de ello, en ocasiones no es posible poder aplicar estas divisiones a todos los episodios estratigráficos europeos.

3.5.1. Biozonación de la macrofauna

El enfriamiento climático que se produce en 2,6-2,4 Ma. favorece la reducción forestal, densa y de tipo subtropical, que existía en Europa durante el Terciario. Este cambio de hábitat está directamente asociado al cambio de faunas. En esta cronología se aprecia la llegada de un grupo de taxones, originarios de Asia, propios de ambientes abiertos (*Archidiskodon gromovi, Mammuthus meridionalis, Eucladoceros sp., Equus gazellospira y Leptobos etruscus*), mientras que aquellos taxones propios de ambientes más forestales y cerrados desaparecen del conjunto faunístico (como *Mammuthus borsonii, Tapirus arvernenisi, Sus minor y Ursus minimus*) (Azzaroli *et al.*, 1988; Lindsay *et al.*, 1980; van der Made y Mazo, 2001; Torre *et al.*, 1992).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Durante el período entre 1,2-0,80 Ma. se produce otro cambio importante en las faunas de Europa, puesto que llegan nuevos taxones originarios, mayoritariamente, de África y Ásia. La serie de olas de dispersión de estos nuevos mamíferos aumentó la diversidad existente. Ante la amplitud cronología de este período, algunas investigaciones utilizan subdivisiones provisionales, basadas en la combinación de estudios biocronológicos y paleomagnéticos (van der Made y Mazo, 2003) (Tabla 3.2).

Estos cambios en los taxones de grandes mamíferos del Pleistoceno se enmarcan en dos grandes episodios bioestratigráficos: el Villafranquiense y el Galeriense. Ambas biozonaciones han ido sufriendo diversas subdivisiones y modificaciones a lo largo de la historia (Chaline, 1974). En general, el Villafranquiense engloba a todas las faunas europeas desde hace alrededor de 3 Ma. hasta alrededor del final del Pleistoceno Inferior. El Villafranquiense se divide a su vez en tres unidades en función de la fauna que ha ido llegando a Europa procedente de África y Asia: El evento del Elefante-Caballo (que se produce hacia 2,5 Ma.), el evento del lobo (de 1,7-1,2 Ma.) y el evento del final del Villafranquiense o Epivillafranquiense (de 1-0,9 Ma.). Por su parte, la fauna Galeriense abarca los taxones macrofaunísticos desde aproximadamente 0,9 Ma., y los presentes durante el Pleistoceno Medio.

Período cronológico	**Taxones**	**Procedencia**	**Hábitat**	**Yacimientos**
Final del subchron Matuyama (>0,78 Ma.)	*Elephas antiqus, Coelodonta* sp., *Stephanorinus hundsheimensis, S. kirchbergensis, Megaloceros savini, Rangifer* sp., *Hemitragus bonali, Praeobivos priscus, Ovibos sussenbornensis* y *Soergelia elisabethae, Pachycrocuta brevirostris, Canis etruscus, C. (Xenocyon) falconeri, C. arnensis, Panthera gombaszogensis*	Carnívoros de África y Próximo Oriente. Herbívoros de Asia y Europa del Este.	Abierto, junto con otro montañoso y boscoso.	Voigstsedt, Hundsheim, Huescar
Jaramillo hasta el final del subchron Matuyama (1,07-0,78 Ma.)	*Sus scrofa, Cervus elaphus, Bison menneri/voigtsedtensis, Crocuta crocuta*.	Carnívoros de África y Próximo Oriente. Herbívoros de Asia y Europa del Este.	Templado y cerrado	Untermaßfeld, Le Vallonnet, TDW4-TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca)
Antes del evento Jaramillo (1,2-1,07 Ma.)	*Eucladoceros giulii, Bison degiulii, Soergelia minor, Praeobivos, Capra alba*	Asia o Europa del Este	Abierto y seco, ambientes montañosos	Pirro Nord, Venta Micena, Barranco León y Fuente-Nueva 3

Tabla 3.2. Entrada y dispersión de nuevos taxones de macromamíferos en Europa. Modificada de van der Made y Mazo (2003).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.5.2. Biozonación de la microfauna

Los datos de la microfauna fósil en el Pleistoceno Inferior eran escasos hasta los años 80 del siglo XX. Actualmente, el registro fósil está muy bien documentado en diversos yacimientos europeos.

Tradicionalmente se ha utilizado como criterio marcador de la base del Pleistoceno Inferior europeo la aparición de los primeros representantes de *Allophaiomys* y de *Pliomys*. En este momento, el género *Stephanomys* desaparece y la alta diversidad durante el Plioceno de las especies del género *Mimomys* queda reducida a una sola especie. Además, el predominio de los múridos del inicio del Plioceno se ve substituida por el de los arvicólidos hacia el Plioceno final (Chaline y Michaux, 1969; Chaline, 1972a, 1972b, 1987; Ruiz-Bustos *et al.*, 1984; Ruiz-Bustos y Sesé, 1985; Agustí, 1986; Sesé, 1989; 1991; 2006; Sesé *et al.*, 2001).

De esta manera, desde el Pleistoceno, las biozonas europeas de roedores están definidas por Fejfar y Heinrich (1990) y Fejfar y colaboradores (1997) en base a los arvicólidos. Para este intervalo temporal están definidas en sucesión las biozonas *Allophaiomys polonicus*, *Allophaiomys pliocaenicus*, *Mimomys savini/M. pusillus*, *M. savini*, *Arvicola cantianus* y *Arvicola terrestris*. En líneas generales, el Pleistoceno Inferior abarca las faunas Villariense (final del MN16 y MN17) y Biharienses. La primera se caracteriza en su límite inferior por la FAD (First Appearance Datum) de *Borsodia* y la presencia de Mimomys con cemento dental. La aparición del género *Microtus* (*Allophaiomys*) marca el final del Villariense y el inicio del Bihariense. Además, este período finaliza con el FAD de *Arvicola* y el LAD (Last Appearance Datum) de *Mimomys savini* (Fejfar *et al.*, 1997). La amplitud de las características de esta biozonación y las diferencias existentes entre la presencia temporal de unas especies en diversos puntos del continente europeo dificultan la utilización de estas biozonaciones.

Para la Península Iberica se han propuesto diversas biozonaciones temporalmente más acotadas (Agustí, 1986; Agustí *et al.*, 1987a, 1987b, 1997b; Agustí y Moyà-Solà, 1992; Oms *et al.*, 2000b) (Tabla 3.3).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Cronología	**Biozonas**			
P. Medio	Mn Q4		*A. cantiana* *A. mosbachensis*	
Pleistoceno Inferior	Mn Q3	B	*P. arvalidens* *P. gregaloides* *T. arvalidens*	*M. savini*
		A	*M. savini* *A. nutiensis* *A. burgondiae*	
	Mn Q2		*A. pliocaenicus*	*A. pliocaenicus*
	Mn Q1		*M. ostramosensis* *M. oswaldorigi*	
	Mn 17	B	*M. pliocaenicus* *M.* cf. *reidi*	*M. pliocaenicus*
		A	*M.* cf *reidi*/ *K. gusii*	

Tabla 3.3. Resumen de las biozonaciones de micromamíferos propuestas en Agustí, 1986; Agustí *et al.*, 1987a, 1987b, 1997b; Agustí y Moyà-Solà, 1992; Oms *et al*., 2000b. Modificada de Gibert y colaboradores (2006b).

Recientemente se ha propuesto una nueva división bioestratigráfica por Cuenca-Bescós y colaboradores (2009) en base a las especies de micromamíferos hallados en las diversas secuencias estratigráficas de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Tabla 3.4). En ella se distinguen 5 biozonas diferentes, caracterizadas por la presencia de una asociación de micromamíferos determinada:

- Biozona *Allophaiomys pliocaenicus*: *A. pliocaenicus* y *Castillomys crusafonti.*
- Biozona *Allophaiomys lavocati*: *A. lavocati*, *A. nutiensis*, *burgondiae*, *C. rivas*
- Biozona *Allophaiomys chalinei*: *Dolinasorex gliphodon*, *Iberomys huescarensis*, *Stenocranius gregaloides*, *A. chalinei*, *Pliomys episcopalis*, *Mimomys savini*.
- Biozona *Iberomys brecciensis*: *I. brecciensis* y *Terrícola atapuerquensis.*
- Biozona *Iberomys cabrerae*: *I. cabrerae*, *Microtus oeconomus*, *Chionomys nivalis*, *Pliomys lenki*, *A. terrestris*, *A. sapidus*, *Acanthion vinogradovi*.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Cronología		Ma.	**Biozonas en la P. Ibérica** (Cuenca-Bescós *et al.*, 2009)	**Otras Biozonaciones**			
				Micromamíferos			Macromam.
Pleistoceno	Sup	< 0,02	*Iberomys cabrerae*	Toringian	Arvicola-Microtus	*A.t*	Galeniense
	Medio	0,3 0,4 0,45 0,55 0,6	*Iberomys brecciensis*			*A. cantianus*	
		0,78 0,8	*Allophaiomys chalinei*	Biharian	Mimomys-Microtus	*M. savini*	
	Inferior	0,9 1,5-1,1	*Allophaiomys lavocati*			*M.s.-M.p.*	Epivillafr.
		1,8-1,5	*Allophaiomys pliocaenicus*				

Tabla 3.4. Correlación cronológica entre la biozona de micromamíferos propuesta para la Península Ibérica por Cuenca-Bescós y colaboradores (2009), y las diferentes biozonaciones para el continente europeo (Maul *et al.*, 2007, Masini y Sala, 2007). Tabla modificada de Cuenca-Bescós y colaboradores (2009). A.t.: biozona *Arvicola terrestris*, M.s.-M.p.: biozona *Mimomys savini – Mimomys pusillus.*

3.6. Los refugios en el Pleistoceno

Como se ha descrito anteriormente, a lo largo del Pleistoceno se han sucedido períodos glaciares e interglaciares en intervalos que duran entre 40.000 y 100.000 años, aproximadamente. Esta alternancia está relacionada con los cambios, sustituciones o evoluciones de los taxones de la flora y fauna europea. La conocida como fauna glaciar está formada por taxones con una mayor tolerancia al frío, aunque no se trata de una fauna ártica, sino de especies propias de tundra y/o vinculadas a la estepa asiática (van der Made, 2001). Tradicionalmente se ha defendido la hipótesis de que, durante el Cuaternario, los taxones de la fauna interglaciar que presentan una baja tolerancia al frío, podrían buscar refugios o zonas donde resguardarse de las duras condiciones climáticas durante los períodos glaciares. A inicios del Pleistoceno Medio, cerca de 0,8 Ma. (MIS 20), se documenta una alternancia cíclica entre las faunas glaciares y las interglaciares, estableciéndose como modelo biogeográfico (van der Made, 2001).

Tradicionalmente, la estabilidad y homogeneidad del registro paleoambiental existente para el Pleistoceno Inferior en la Europa meridional, ha motivado la catalogación de esta amplia zona geográfica como un “refugio”, en contraposición a las condiciones existentes en la Europa central y norte en este mismo período cronológico.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Con la intención de clarificar y verificar la idoneidad de la aplicación del concepto refugio al período que nos ocupa, cabe reseñar que, desde el punto de vista ecológico, se entiende por refugio aquellas zonas donde se resguardan los taxones de fauna y flora en momentos climáticos adversos. De este modo, los refugios son la respuesta de los taxones a los cambios climáticos (Bennett y Provan, 2008). El término tradicional de *refugio* se utiliza, en realidad, como sinónimo de *refugio glacial*, en el mismo sentido que se utilizó al principio de su historia. Este concepto de *refugio* o *refugio glacial*, que define el movimiento a zonas concretas de taxones fríos durante los interglaciales, es frecuentemente utilizado en diversos estudios, mientras que los *refugios interglaciales* son prácticamente desconocidos.

Tradicionalmente, los estudios paleoecológicos se basan en utilizar la distribución polínica y establecer regiones a partir de las cuales se han originados los taxones modernos. Los diversos trabajos genéticos sobre taxones faunísticos y polínicos contribuyen a la comprensión de los movimientos de estos taxones durante los glaciales e interglaciales (Petit *et al.*, 2002). Sin embargo, gran parte de este trabajo se aplica al Pleistoceno Superior, especialmente desde el Último Máximo Glacial (Last Glacial Maximum –LGM).

Además de esta definición clásica del concepto refugio, existen otras muchas acepciones, aplicables a contextos ecológicos concretos. Este es el caso del *refugio críptico*, que se aplica a la supervivencia de taxones de flora y fauna glaciares en Europa central (Stewart y Lister, 2001), o del *refugio tropical*, aplicado a la supervivencia de áreas boscosas durante períodos eminentemente áridos en la Amazonia, etc.

Como ya se ha mencionado, los cambios climáticos en el Pleistoceno influyen en los cambios faunísiticos, aunque, para algunos autores, dicha influencia es desigual en las diferentes partes de Europa (Koenigswald, 1992). Así en las zonas próximas al Mediterráneo, el cambio faunístico se caracterizaría por la llegada de nuevos taxones no identificados antes en esos territorios. Sin embargo, en el centro y norte de Europa los cambios faunísticos son de carácter cíclico, producto de los intercambios en cortos espacios de tiempo relacionados con la fluctuación climática entre períodos glaciares e interglaciares (Koenigswald, 1992). En este caso, las composiciones taxonómicas de los diferentes conjuntos pueden ser muy similares, dificultando la distinción entre diferentes ciclos climáticos.

Las peculiaridades orográficas y climáticas de ciertas zonas de Europa (como el sureste y el sur) pueden haber desarrollado diferencias entre las regiones, especialmente durante el Cuaternario. Tradicionalmente algunos autores han tratado la

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Península Balcánica, la Itálica y la Ibérica como áreas de acogida o refugio de los taxones interglaciares durante las glaciaciones, especialmente en el Pleistoceno Medio y Pleistoceno Superior (Huntley y Birks, 1983). Otros autores, utilizando un concepto más regional de refugio, consideran que las áreas montañosas del sur de Europa son significativas para la supervivencia a largo plazo de las áreas boscosas de Europa durante las múltiples oscilaciones glaciales-interglaciares del Pleistoceno Superior, ya que su altura ofrece posibles cambios de altitud durante los cambios climáticos (Bennett *et al.*, 1991). Sin embargo, el rol de las penínsulas durante el Pleistoceno Inferior es menos conocido, puesto que el registro fósil y el número de yacimientos es mucho menor en este período que en el Pleistoceno Medio y Superior.

Si se observan con detenimiento los datos de la Península Ibérica, la ausencia de elementos faunísticos y florísticos glaciares y la presencia constante de elementos propios de faunas y floras interglaciares a lo largo del Pleistoceno, indican que las glaciaciones tuvieron un bajo impacto sobre las faunas de grandes mamíferos y las estructuras ecológicas (García Antón, 1995; 1998; van der Made, 1998 a y b; 2001; Buxó *et al.*, 2003; van der Made *et al.*, 2003; Postigo Mijarra *et al.*, 2007). En esta misma línea, la comunidad de mamíferos de la Sierra de Atapuerca mantiene cierta continuidad estructural durante un período de cambios climáticos cíclicos en Europa (Rodríguez, 2004). Este autor sugiere un modelo teórico basado en que sólo un número determinado de estructuras de comunidades son posibles en un ambiente particular, siendo los factores biogeográficos e históricos los que configuran la comunidad. La aplicación de este modelo permite afirmar que, a lo largo del Pleistoceno Medio, las estructuras de las paleocomunidades de la Península Itálica y la Ibérica eran ecológicamente similares, mientras que las de Gran Bretaña y el centro de Europa eran más heterogéneas (Rodríguez, 2006). Ello indica que la estructura ecológica de una comunidad de mamíferos es el resultado de la interacción del medio (clima, vegetación, territorio) y factores biogeográficos (especies existentes en esta región) durante el proceso de establecimiento (Rodríguez, 2004; 2006).

En conclusión, las penínsulas meridionales de Europa, y de una manera concreta la Península Ibérica, no estuvieron bajo la influencia de cambios climáticos drásticos a lo largo del Pleistoceno hasta la última gran glaciación (van der Made 1998a; 2001; van der Made *et al.*, 2003; Rodríguez, 2004; 2006). Sin embargo, ¿se puede afirmar que las Penínsulas que funcionaron como refugio durante el Pleistoceno Medio y Superior para ciertos taxones lo fueron también durante el Pleistoceno Inferior?

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3.7. Europa durante el Pleistoceno Inferior. La zona meridional.

Como hemos visto, durante el Cuaternario se suceden diversas fases frías y cálidas intensamente relacionadas con los cambios faunísticos y floristicos. Sin embargo, la curva de los isótopos estables marinos indica que, en general, el Pleistoceno Inferior es el período más cálido del Cuaternario. Además, durante esta cronología, las fluctuaciones entre los períodos cálidos y fríos alcanzan puntos menos rigurosos y la amplitud de la frecuencia de onda entre dichas fluctuaciones indica que la duración de estos períodos es menor.

Las aportaciones de los yacimientos más importantes del Pleistoceno Inferior sugieren la presencia y la amplia diversidad de taxones de flora y fauna (entre ellos los homínidos) durante este período en Europa. Los yacimientos más antiguos poseen una cronología de alrededor de 2 Ma. (Tabla 3.5). Las localidades se sitúan tanto en carst como al aire libre, aunque predominan los depósitos situados en terrazas fluviolacustres. Como se observa la figura 3.2 y en la tabla 3.5, todos los yacimientos se sitúan entre los paralelos 37 y 51 norte. Los yacimientos del Pleistoceno Inferior situados más al sur son los hallados en la Cuenca de Guadix-Baza y Cueva Victoria (paralelo 37), mientras que los situados más al norte son Unkelberg-Dinkelscherben, Stránská Skála, Untermaßfeld, Süßenborn, Voigtstedt y Tegelen (paralelos de 48 a 51).

Los taxones de fauna y flora identificados en estos yacimientos son muy variados. En las descripciones realizadas se observan cambios, extinciones y movimientos en las poblaciones faunísticas del Pleistoceno que acontecen de manera simultánea al deterioro de los bosques del Terciario (Palombo, 2005) y a la entrada de nuevas especies de Asia y África (van der Made y Mazo, 2003). Se pueden inferir dos grandes grupos: los taxones registrados en los yacimientos más antiguos, propios del Villafranquiense medio (Saint-Vallier, Villány y Cuenca de Dacique, entre otros), y la fauna de yacimientos más modernos, propia del Epivillafranquiense o Villafranquiense final (por ejemplo, Monte Poggiolo, Le Vallonnet y Cuenca de Guadix-Baza). En general, en la mayoría de localidades arqueo-paleontológicas aparecen grandes mamíferos herbívoros, entre los que se encuentran mamuts, hipopótamos, rinocerontes, cérvidos, équidos y grandes bóvidos, así como carnívoros, que incluyen osos, grandes hienas, panteras y otros félidos y cánidos. Todo ello sugiere la existencia de un rico y variado ecosistema. En cuanto a los micromamíferos, se ha detectado fauna propia de las biozonaciones del Villariense y Bihariense europeo. Hasta el momento, sólo se ha hallado la especie Borsodia, propia del inicio del Villariense, en Unkelberg-Dinkelscherben. En cambio, la especie

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Mimomys savini, así como su evolución (característica de mediados del Villaniense y del Bihariense), ha sido registrada en diversos yacimientos, como Bogatyri/Sinyaya Balka, Barranco León-5, Fuente Nueva-3, Cal Guardiola, Süßenborn y Voigtstedt.

En base a los datos descritos, es posible afirmar que durante el Pleistoceno Inferior, Europa estaba formada por diversos biotopos. En líneas generales, predominan los bosques semiabiertos más o menos dispersos, bosques de ribera, praderas y masas de agua constantes y/o lagos. Sin embargo, también se han identificado ambientes esteparios (Saint-Vallier, Bogatyri/Sinyaya Balka, Monte Poggiolo y posiblemente en Akhalkalaki). No se ha detectado, en ningún caso, la presencia de taxones que sugieran la existencia de bosques densos, ni de ambientes desérticos. El clima general inferido es cálido o templado (observado en Saint-Vallier, Dmaninsi, Bogatyri/Sinyaya Balka, Lézignan-la-Cèbe, Cal Guardiola, Vallparadís, Cueva Victoria, Akhalkalaki y Stránská Skála), aunque las secuencias de Pirro Nord y Pont-de-Lavaud indican un clima más frío. En cuanto al grado de humedad, mientras algunos yacimientos muestran un importante componente húmedo (Saint-Vallier, Lézignan-la-Cèbe, Cal Guardiola, Vallparadís, Incarcal, y Stránská Skála), otros muestran cierta aridez o un ambiente seco (Dmaninsi, Pirro Nord, Monte Poggiolo y Akhalkalaki). Cabe reseñar que las características biogeográficas particulares de cada uno de estos emplazamientos, podría explicar, entre otros muchos factores, algunas de las divergencias observadas. De todos modos, estas inferencias climáticas son coherentes con las observadas en las curvas de los estadios isotópicos y las fluctuaciones frías y cálidas del Pleistoceno Inferior.

Así, y en términos generales, las características relativamente cálidas, templadas o interglaciares se detectan en prácticamente la totalidad de los yacimientos descritos de Europa. Ello podría indicar la presencia de condiciones cálidas y/o templadas, con mayor o menor continuidad en toda Europa durante el Pleistoceno Inferior. Sin embargo, la distribución de los yacimientos en el continente no es homogénea, sino que existe una mayor concentración en la zona meridional de Europa (en esta zona aparecen 23 de los 29 yacimientos descritos). Esto sugiriere un poblamiento diferencial del continente, es decir, una mayor continuidad en la presencia y abundancia de los taxones en la zona sur de Europa. Esta concentración puede estar relacionada o favorecida por la existencia de un régimen climático menos duro en la zona meridional de Europa que en el resto del continente, aunque ello no significa que dichos territorios estuvieran exentos de las diversas fluctuaciones frías del Pleistoceno Inferior.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Según los datos actuales, la distribución de los yacimientos con presencia humana en el continente europeo se restringe a los paralelos 37 y 45, aunque podría existir, de confirmarse la industria lítica en Untermaßfeld (Landek, submitted), presencia humana en el paralelo 50. Entre los yacimientos situados en latitudes más al norte se halla Bogatyri/Sinyaya Balka, Le Vallonnet, Soleilhac, Pont-de-Lavaud y, como hemos dicho, Untermaßfeld.

La posibilidad de ocupación en zonas de latitudes altas puede estar relacionada con el período climático en el que se desarrolla dicha ocupación. Así, el clima inferido para la secuencia de Bogatyri/Sinyaya Balka indica que la ocupación se dio en un momento templado. Por su parte, la ocupación de Le Vallonnet y Soleilhac se da en 1,07 y 0,99 Ma., entre los MIS 31 y 28, período caracterizado por la sucesión de diversas fluctuaciones frías y cálidas, que podrían haber facilitado la ocupación de estas latitudes. El yacimiento de Untermaßfeld se halla más al norte, en el paralelo 50. La hipotética presencia humana de este yacimiento podría estar datada en 1,07 Ma., durante una fase cálida o MIS 31 (Landek, submitted). Por el contrario, la presencia humana de Pont-de-Lavaud, situado en el macizo central de Francia, se produce en durante el estadio isotópico 32, en el que se da una pulsación climáica fría. En conclusión, la presencia humana de Bogatyri/Sinyaya Balka, Le Vallonnet, Soleilhac y Untermaßfeld parece desarrolarse durante períodos climáticos templados o cálidos, mientras que en la zona sur europea la señal antrópica aparece de una manera más o menos continua.

Así, en la Europa más meridional, limitada por el norte alrededor de los paralelos 45-48, se observa la persistencia de un gran número de taxones, así como la existencia de una gran variabilidad. Por el contrario, los yacimientos más septentrionales estarían ocupados por faunas interglaciares cuando las condiciones climáticas permitieran el acceso, sin registrarse la continuidad temporal observada en el sur. Así, el retroceso de los casquetes durante los períodos especialmente cálidos posibilitaría la ocupación de las zonas del centro y norte de Europa, mientras que, durante los períodos más fríos, esta ocupación retrocedería o desaparecería. En estas zonas más frías del norte, habrían desaparecido taxones como Aesculus, Engelhardia, Liquidambar, Nyssa, Symplocos o Zelkova (Zagwijn, 1960), que se mantendrían en ecosistemas de España, Italia y Francia (Postigo Mijarra *et al.*, 2008). Las oscilaciones climáticas serían las que permitirían la presencia ocasional de taxones como hipopótamos, rinocerontes e hienas gigantes en Untermaßfeld y Tegelen y de micromamíferos como *Mimomys savini* en Süßenborn y Voigtstedt (todos ellos situados en los paralelos 50 y 51).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La zona de contacto entre en norte y el sur (es decir, la Europa central) se caracteriza por registrar alternativamente registros propiamente glaciales e interglaciares, en relación con las pequeñas fluctuaciones climáticas. El clima de carácter periglaciar observado en el yacimiento francés de Pont-de-Lavaud (45º Norte) evidenciaría la presencia de los glaciares en la zona central alrededor de 1,1 Ma. No obstante, no se debe entender el avance de las zonas glaciales como en el Pleistoceno Medio y el Superior, puesto que las condiciones generalmente cálidas del período que nos ocupa, no favorecerían la extensión de los hielos hacia el Mediterráneo. De forma hipotética, el centro de Europa debe ser entendido más bien como una zona periglaciar de baja o escasa oscilación general durante las pequeñas fluctuaciones climáticas.

En cuanto a los homínidos, los restos de *Homo georgicus* en Dmanisi evidencian la presencia humana a las puertas de Europa en una cronología cercana al 1,8 Ma., mientras que los restos de *Homo antecessor* de la Sierra de Atapuerca muestran la dispersión de los homínidos por Europa, llegando hasta la Península Ibérica hace alrededor de 1,3 Ma. La industria lítica de estos humanos también forma parte del registro de gran parte de los sitios descritos (Dmanisi, Bogatyri/Sinyaya Balka, Pirro Nord, Lézignan-la-Cèbe, La Sima del Elefante, la Gran Dolina, Barranco León 5, Fuente Nueva 3, Pont-de-Lavaud, Le Vallonnet, Soleilhac, Vallparadís, Ceprano, Monte Poggiolo y, posiblemente, en Akhalkalaki y Untermaßfeld). En todos los casos, son herramientas sencillas de gran o medio formato, adscritas al modo técnico 1 u Olduvayense.

Según el punto de vista planteado aquí, la zona más meridional de Europa no puede ser entendida como un refugio durante el Pleistoceno Inferior. Como hemos visto, el concepto refugio se desarrolla para definir las zonas donde se resguardan los taxones de fauna y flora en momentos climáticos adversos. Estas zonas pueden poseer una amplitud diversa, ya que pueden entenderse desde una perspectiva tanto regional, como local o territorial. Por el contrario, el área meridional, que muestra la mayor abundancia y diversidad de taxones de forma continua en Europa, es amplia. Se extiende más allá de las penínsulas y de las zonas de influencia mediterránea, abarcando, incluso, zonas de influencia continental, como puede ser el caso de los yacimientos del macizo central francés (Pont-de-Lavaud). Ello permite plantear, de forma hipotética, que las condiciones paleoecológicas descritas para la Europa meridional en este período cronológico, están más vinculadas a la existencia de una cierta estasis. Este concepto implica la continuidad de especies y ecosistemas en un área durante un determinado período, con independencia de la sucesión de cambios ambientales

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Yacimiento	Paralelo	Situación	Cronología	MIS	Fauna	Fósiles humanos	Industria	Ecosistema	Clima
Villány	45	aire libre	~ 2*		sí	no	no	-	-
Cuenca de Dacique	44	aire libre	~ 2*		sí	no	no	-	-
Saint-Vallier	45	carst	2		sí	no	no	Estepa con bosques abiertos. Proximidades de masa de agua	Templado y húmedo
Dmanisi	41	aire libre	1,95-1,77	72-62*	sí	*H. georgicus*	Modo 1	Abierto en el valle, bosques de ribera y en altitudes medias.	Mediterráneo, templado y semiárido
Tegelen	51	aire libre	1,95-1,77	72-62*	sí	no	no	-	Cálido o templado
Unkelberg-Dinkelscherben	48	aire libre	~1,8-1,5*		sí	no	no	-	Interglaciar
Bogatyri/Sinyaya Balka	45	aire libre	1,7-1,07	61-31*	sí	no	Modo 1	Bosque abierto con estepas	Templado
Pirro Nord	41	carst	1,7-1,3	61-40*	sí	no	Modo 1	Abierto, cercano a zonas húmedas de extensión variable	árido
Lézignan-la-Cèbe	43	aire libre	1,57		sí	no	Modo 1	Paisaje abierto con zonas boscosas cercanas	Cálido y húmedo
Sima del Elefante	42	carst	1,3-0,9	40-20*	sí	*H. antecessor*	Modo 1		
Venta Micena	37	aire libre	1,3	40*	sí	¿?	no	Lacustre	-
Barranco León 5	37	aire libre	1,3-1,2	40-36*	sí	no	Modo 1	Barranco umbrivolo, con cursos de agua o charcas cercanas	-
Fuente Nueva 3	37	aire libre	1,2	36*	sí	no	Modo 1	Lacustre. Bosque de ribera	-
Cal Guardiola	41	aire libre	1,2-0,78	36-19*	sí	no	no	Ecosistema de ribera, con bosques mesotermófilos	Templado y húmedo -
Pont-de-Lavaud	45	aire libre	1,1	32*	no	no	Modo 1	-	periglacial
Untermaßfeld	50	aire libre	1,07	31	sí	no	Modo 1 ¿?	-	-
Le Vallonnet	44	carst	1,07-0,99	31-28*	sí	no	Modo 1	-	-
Soleilhac	45	aire libre	1,07-0,99	31-28*	sí	no	Modo 1	-	-
Vallparadís	41	aire libre	1,07-0,78	31-19*	sí	no	Modo 1	Ecosistema de ribera	Templado y húmedo
Cueva Victoria	37	carst	1,07	31	sí	¿?	no	Mediterráneo abierto, con cercanía de agua	templadas
Ceprano	41	aire libre	1-0,7	28-20*	no	*H. cepranensis*	Modo 1	-	-
Monte Poggiolo	44	aire libre	1-0,9	28/29*	no	no	Modo 1	Estepario	Frío y seco
Incarcal	41	carst	~1	~28*	sí	no	no	Lacustre abierto.	Alta humedad
Gran Dolina	42	carst	1-0,78	28-19*	sí	*H. antecessor*	Modo 1		
Akhalkalaki	41	aire libre	0,9-0,8	20-26	sí	no	Sí ¿?	Pradera o estepa, montañas boscosas y valles con agua.	seca y cálida
Stránská Skála	49	aire libre	1-0,7	28-20*	sí	no	no	Praderas húmedas	Templado y húmedo
Süßenborn	50	aire libre	~0,8*		sí	no	no	-	Interglaciar
Voigtstedt	51	aire libre	~0,8		sí	no	no	-	Interglaciar

Tabla 3.5. Resumen de las características más importantes de los yacimientos del Pleistoceno Inferior europeo descritos en esta Tesis. Cronología de los niveles del Pleistoceno Inferior en Ma. * Estimación aproximada a partir de los datos ofrecidos. No se incluye la información sobre el ecosistema y el clima de Sima del Elefante ni Gran Dolina puesto que son el sujeto de esta Tesis.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 4

Métodos: estudio de alteraciones

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Para el estudio tafonómico de micromamíferos nos basamos, por un lado, en el método descriptivo-sistemático descrito por Andrews (1990) y relacionado con las modificaciones resultantes de la predación (alteraciones biostratinómicas); y por el otro, en la identificación de alteraciones en la superficie de los restos con posterioridad a su producción. Estas últimas modificaciones pueden ser de origen biostratinómico, si se dan con anterioridad al enterramiento, o de origen fosildiagenético, si el agente que altera los restos interviene una vez éstos ya están enterrados.

El método empezó a desarrollarse en la década de los 80 (Dodson y Wexlar, 1979; Andrews, 1983; Andrews y Evans, 1983; Denys *et al.*, 1987; Hoffman, 1988), si bien no fue hasta 1990 cuando se describieron y ordenaron todos los parámetros de estudio (Andrews, 1990). No obstante, este método ha sido completado por diversas aportaciones posteriores (Fernández-Jalvo 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992). Este método se basa en la observación y descripción de las alteraciones superficiales presentes en los restos de micromamíferos, permitiéndonos identificar y reconocer la intervención de predadores. Para ello, se analiza la representación anatómica, la

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

fracturación y la digestión de los restos fósiles y se comparan los resultados con los obtenidos del estudio de egagrópilas modernas de predadores conocidos. Ello permite establecer unos criterios que relacionan los grados de alteración observados con el predador causante. Este método ha sido aplicado total o parcialmente a diversas asociaciones fósiles Plio-Pleistocenas como Olduvai Gorge (Andrews, 1983; Fernández-Jalvo *et al.*, 1998), Laetoli (Denys, 1986), Tighenif (Denys *et al.*, 1987), Kabwe y Twin Rivers (Avery, 2002; 2003), Cave of Hearts y Limeworks Cave (Makapansgat) (Levinson, 1982), Sterkfontein y Swartkrans (Avery, 1998; 2001), Saldanha Bay Yacht Club Site (Manthi, 2003), Hoedjiespunt 1 (Matthews *et al.*, 2005; 2006a), Langebaanweg (Matthews *et al.*, 2006b), El Harhoura 2 Cave (Stoetzel, 2009), Westbury cave (Andrews, 1990; Andrews y Ghaleb, 1999), en Gran Dolina, Trinchera Penal y Complejo Galería (Sierra de Atapuerca) (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996; 1999) y Cueva del Llano (Castillo *et al.*, 2001).

En lo que respecta a las alteraciones postdeposicionales, éstas abarcan aquellos agentes y/o procesos de modificación de la superficie de los restos fósiles. En primer lugar se tratan los agentes que actúan entre el periodo de acumulación y el de enterramiento de los restos, produciendo alteraciones de carácter biostratinómico, como por ejemplo la meteorización o la abrasión. Posteriormente, se presentan las alteraciones que actúan tras el enterramiento de los restos, originando alteraciones de carácter fosildiagenético, como las originadas por raíces, óxidos de manganeso o corrosiones químicas relacionadas con el sedimento.

4.1. Alteraciones producidas por depredación

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes hipótesis a través de las que se explica el posible origen de las asociaciones de microvertebrados. Debemos tener en cuenta que se parte de la premisa de que la muerte aislada y natural de un pequeño mamífero es un caso extraño, poco propicio a la agrupación y a la fosilización (Kowalski, 1990; Denys *et al.*, 1997). Así, algunas de las hipótesis contemplan la posibilidad del transporte por agua de individuos de pequeño tamaño y peso junto con las partículas sedimentarias con las que serían depositados posteriormente en un mismo lugar (por ejemplo en el caso de fuerte corrientes hídricas) (Dodson, 1973; Shipman, 1981). Otras explican el origen de las asociaciones a través de la existencia de trampas naturales, como es el caso de los conjuntos de roedores fósiles observados por Szafer (1957) y Voorhies (1974), o a través del

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

enterramiento catastrófico en madrigueras o lugares de hibernación o estivación, como los observados en anfibios de Draycott Cave (Andrews y Cook, 1985). Los conjuntos formados por este tipo de asociaciones también son poco comunes y se caracterizan por presentar todos los elementos esqueléticos de los individuos presentes, un buen estado de conservación y con pocas alteraciones superficiales.

La causa más probable de las agrupaciones de restos esqueléticos de micromamíferos fósiles es la ingestión, digestión y deposición por parte de predadores que consumen pequeños mamíferos (Brodkorb, 1959; McGrew, 1963; Etheridge, 1965; Mellet, 1974; Mayhew, 1977; Korth, 1979; Dodson y Wexlar, 1979; Chaline y Mein, 1979; Jaeger, 1979; Andrews, 1983, 1990; Maas, 1985; Denys, 1986; Denys *et al.*, 1987; Kusmer, 1990; Kowalski, 1990). Este tipo de agrupaciones se caracterizan, como se verá posteriormente, por presentar una presencia desigual de las partes anatómicas, mayor o menor grado de fracturación e indicios de alteración superficial por digestión.

Basándonos en datos etológicos actuales, y extrapolándolos al Cuaternario, los principales predadores de micromamíferos son las rapaces y los pequeños carnívoros. Se ha valorado la posibilidad de que los micromamíferos sean un aporte importante o habitual en la dieta de los humanos. Se han realizado estudios etnográficos sobre la caza, preparación y consumo de los micromamíferos por parte de los Bofi (Sudáfrica) (Landt, 2004; 2007). Éstos cazan a los roedores utilizando pequeñas trampas o rodeándolos con fuego. Posteriormente, y antes de consumirlos, los preparan con fuego (hirviéndolos o asándolos) para eliminar parásitos y bacterias. Consecuentemente, las alteraciones resultantes en los restos son un alto grado de fracturación, evidencias de procesamiento por fuego y un gran número de mordeduras. El conjunto de estas características, y muy especialmente las mordeduras y la masticación de los restos, permiten al autor comparar los conjuntos creados por los Bofi con los predados por carnívoros. Sin embargo, hace hincapié en el hecho de que se debe profundizar en el trabajo de la diferenciación de las mordeduras sobre restos de micromamíferos, incluyendo otras variables (Landt, 2007).

Esta Tesis se centra en los predadores no-humanos más comunes. Éstos son las aves rapaces nocturnas, o estrigiformes, y las diurnas, o falconiformes, que utilizan las cuevas o lugares próximos a ellas como refugios o sitios de nidificación. Allí eliminan aquellas partes de su alimentación que no aportan nutrientes a su dieta (Southern, 1954; Duke *et al.*, 1975; Glue, 1971; 1977). Las partes no digeribles por los jugos gástricos se van acumulando gradualmente en la molleja, parte del tubo digestivo situada antes del estómago. Una vez allí, se comprimen formando una masa que se

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

regurgita cuando ha llegado a un tamaño adecuado. Estas regurgitaciones se realizan en forma de pequeñas agrupaciones de apariencia y composición variada, llamadas egagrópilas (Howard 1958; Grimm y Whitehouse, 1963; Balgooyen, 1971; Duke *el al.*, 1976). Una egagrópila fresca está recubierta de una mucosidad que sirve para facilitar su expulsión y, al mismo tiempo, mantiene su consistencia. Durante su paso a través del esófago, la egagrópila adquiere su forma, longitud y grosor definitivos, siendo éstos los principales criterios de identificación de la especie productora en conjuntos modernos.

En Biología, se emplean las egagrópilas y las defecaciones desde los años 30 para investigar la dieta de las rapaces y los pequeños carnívoros respectivamente (Errington, 1930). Además, se utilizan también otros criterios para la identificación del predador además de su forma y tamaño. Algunos ejemplos son el lugar donde se han encontrado, el color, el contenido y el olor (éste último sólo en excrementos). En ciertos casos, deben recurrir al diferente poder digestivo de las rapaces diurnas y de las nocturnas para conseguir identificar al predador a través de las regurgitaciones (Rosenberg y Cooper, 1990).

Dependiendo de la alimentación de estos predadores, las egagrópilas y los excrementos pueden contener pelo, plumas, huesos, dientes, quitina de insectos, trozos de concha de moluscos, etc. En pocas ocasiones las egagrópilas fosilizan, ya que la materia biológica (pelo, plumas, quitina de insectos) se degrada. En la degradación de la materia orgánica participan elementos naturales como los insectos y las bacterias, favorecidos por los agentes ambientales. Ya Fernández-Jalvo (1992) sugirió la posibilidad de que las marcas sobre los restos óseos y dentales relacionadas con la actividad de los insectos durante la descomposición pueden ser mayores de las estimadas. Posiblemente, la acción de las bacterias en el proceso de descomposición de las egagrópilas también es más importante de lo que se piensa, al igual que las marcas de su actividad en los restos. No obstante, los trabajos experimentales sobre este tipo de intervención en micromamíferos son aún muy escasos.

Los restos óseos y dentales de microvertebrados, contrariamente a la materia biológica, permanecen en el sustrato y fosilizan una vez la egagrópila se disgrega. Con la pérdida del material biológico ya no es posible utilizar los mismos criterios de identificación que los biólogos en la búsqueda del predador, por lo que se buscan otros criterios basados únicamente en las alteraciones sobre los huesos y dientes fosilizados.

Para el estudio de los restos fósiles resultantes de egagrópilas y excrementos se debe tener en cuenta las relaciones existentes entre presa y predador (interespecíficas), puesto que suponen un primer sesgo natural de la muestra. Estas relaciones son

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

complejas, puesto que están sujetas a varios condicionantes como la talla del predador, que limitará la talla de la presa, los hábitos de la presa y del predador -diurnos o nocturnos-, así como la adaptabilidad, habilidad y preferencias de caza del predador (Andrews y Evans, 1983; Andrews, 1990; Kowalski, 1990; Andrews y Ghaleb, 1999). La talla de la presa es uno de los factores de selección más importantes del predador y que, además, condiciona la posterior ingestión (entera o despedazada) (Marti y Hogue, 1979). Un predador grande necesita ingerir mayor cantidad de alimento diario que un predador de menor tamaño, al mismo tiempo que puede acceder a presas más grandes. Un buen ejemplo de ello es el búho real (*Bubo bubo*), que pesa entre 2 y 4 Kg. de peso y consume tanto roedores (que ingiere enteros) como conejos, zorros y hasta pequeños corzos (Mikkola, 1983; Andrews, 1990; König *et al.*, 1999; Manzanares, 2003).

Otro factor limitante de las presas que puede o quiere consumir el predador es el territorio que ocupa. El tamaño del territorio del predador y la complejidad de hábitat de dicho territorio está estrechamente relacionado con la cantidad y diversidad de presas capturadas e ingeridas (Andrews y Evans, 1983; Nilsson, 1984). Es decir, cuanto más grande, variado y productivo sea el territorio del predador, más extensos serán los recursos a los que podrá optar. En el tamaño del territorio también influye el número de predadores limítrofes, de la misma o distinta especie, y la presión que ejercen en su territorio (König *et al.*, 1999). De todos modos, se debe tener en cuenta que el lugar de deposición de los restos de las presas consumidas puede ser diferente al de la caza e ingestión de las mismas. Un buen ejemplo de ello son algunas especies de predadores actuales como el búho chico (*Asio otus*) que, a pesar de habitar comúnmente en bosques, caza en áreas abiertas, por lo que las presas representadas en sus asociaciones son características de estas últimas áreas (Mikkola, 1983; König *et al.*, 1999).

Las variaciones en la disponibilidad de las presas también afectan directamente a la dieta de los predadores. La disponibilidad de una u otra presa está estrechamente relacionada con el hábitat del territorio de caza y la presencia estacional de la presa (Andrews y Evans, 1983; Andrews, 1990).

Según los criterios de caza o modo de predación, existen dos grandes grupos de predadores. Se considera oportunista a un predador que captura una gran variedad de presas, en uno o diversos hábitat, en la misma proporción relativa que la que presentan en el lugar donde el predador las captura (Blondel, 1967; Yalden, 1985; Begon *et al.*, 1990; Pharisat, 1993). Generalmente, las concentraciones de estos predadores suelen mostrar una alta diversidad de presas (Pharisat, 1993).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cambio, un predador selectivo captura presas en proporciones diferentes a las que se presentan en un lugar determinado y durante el período de actividad del predador (Lockie, 1961; Blondel, 1967; Andrews y Evans, 1983; Begon *et al.*, 1990). Ello se traduce en concentraciones con baja diversidad de presas y en la necesidad de abarcar territorios más amplios o hábitats concretos. Así un predador selectivo tiene una dieta que no se correlaciona con el perfil de abundancias de presas presentes en un cierto lugar y tiempo. Mientras que la dieta de un predador oportunista se correlaciona positivamente con el perfil de abundancias de las presas disponibles en el lugar y momento de caza (Yalden, 1985; Pharisat, 1993). Las especies reflejadas en las deposiciones de un predador oportunista pueden ser un reflejo de la representación de las especies existentes en el ecosistema, puesto que el predador sólo está limitado por la talla de la presa y por su disponibilidad (Marti y Hogue, 1979; Andrews y Evans, 1983; Andrews, 1990; Denys *et al.*, 1997).

Los diversos depredadores de micromamíferos están compilados en tres grandes grupos según sus características biológicas, que afectan, consecuentemente, al grado de modificación sobre los restos consumidos: rapaces nocturnas (o estrigiformes), rapaces diurnas (o falconiformes) y pequeños mamíferos carnívoros. Cada uno de estos grupos de predadores altera de forma diferenciada los conjuntos óseos de sus regurgitaciones puesto que poseen divergencias en las técnicas de caza, los procesos de ingestión y la digestión de los mismos.

El análisis tafonómico de las agrupaciones de micromamíferos fósiles se basa, como ya hemos mencionado anteriormente, en la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles. No obstante, la representación y el grado de fractura no se deben únicamente a la acción de predadores. La propia digestión (acción relacionada exclusivamente con el consumo) y, sobre todo, los agentes diagenéticos tienen capacidad de modificar y romper los elementos que pueden, incluso, llegar a desaparecer. Por esta razón estas variables (representación, fractura y digestión) se deducen del estudio de conjuntos actuales, es decir, de la observación de las alteraciones en restos carentes de cualquier tipo de modificación no relacionada con la predación.

Las muestras estudiadas por Andrews (1990) pertenecen a 19 especies diferentes: lechuza común (*Tyto alba*), búho nival (*Nyctea scandiaca*), búho chico (*Asio otus*), lechuza campestre (*Asio flammeus*), búho de Verreaux (*Bubo lacteus*), búho manchado o búho africano (*Bubo africanus*), búho real (*Bubo bubo*), cárabo lapón (*Strix nebulosa*), cárabo común (*Strix aluco*), mochuelo europeo (*Athene noctua*), cernícalo común (*Falco tinnunculus*), aguilucho pálido (*Circus cyaneus*),

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

mangosta de cola blanca (*Ichneumia albicauda*), jineta (*Genetta genetta*), otoción (*Otocyon megalotis*), coyote (*Canis latrans*), zorro rojo o común (*Vulpes vulpes*), zorro ártico (*Alopex lagopus*) y marta (*Martes martes*) (Tabla 4.1).

Predador	Nº muestras	Origen
Tyto alba	2	Sudáfrica
	1	Kenya
	1	Israel
	4	Inglaterra
Nyctea scandiaca	1	Canadá
Asio otus	1	Escocia
	1	Inglaterra
Asio flammeus	1	Gales
	1	Inglaterra
Bubo lacteus	3	Tanzania (Serengeti)
Bubo africanus	1	Kenya
Bubo bubo	1	Qatar
	2	Suecia
Strix nebulosa	1	Finlandia
Strix aluco	2	Inglaterra
	1	Gales
	1	Escocia
Athene noctua	1	Inglaterra
Falco tinnunculus	2	Inglaterra
	1 (n=5)	Gales
	1	Escocia
Falco peregrinus	1	Escocia
	1	Gales
	1	Irlanda
Circus cyaneus	2	Escocia
Milvus milvus	1	Gales
Buteo buteo	1 (n=4)	Gales
Stephanoaetus coronatus	1	Uganda
Hieraetus fasciatus	1	Qatar
Polemaetus bellicosus	1	Kenya
Ichneumia albicauda	1	Kenya
	1	Zoológico de Londres
Genetta genetta	1	Sudáfrica
	1	Zoológico de Londres
Otocyon megalotis	1	Kenya
Canis latrans	2	Wyoming (USA)
Vulpes vulpes	1	Inglaterra
	1	Gales
Martes martes	1	Escocia
Mustela	3	Gales
	1	Inglaterra
Felis	1	Zoológico de Londres
	1	Gales

Tabla 4.1. Número de muestras estudiadas por Andrews (1990) y origen de cada una de ellas. Modificado de Andrews (1990). n: subconjuntos que forman la muestra.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El estudio y caracterización de estas tres variantes (representación, fractura y digestión) nos proporciona una serie de patrones diferenciadores con los que poder identificar el predador causante de la asociación a través de la información etológica existente (Andrews, 1983). De esta manera, no sólo obtenemos valiosa información sobre el propio predador, sino también del hábitat en que caza y vive. Por el principio actualista construiremos analogías entre los grados de alteración de predadores actuales conocidos y los restos a estudiar, de tal manera que a iguales grados de alteración, iguales o similares predadores e iguales o similares hábitat en el pasado.

En esta Tesis, el método de estudio de micromamíferos se ve complementado por algunas aportaciones propias con las que se pretende definir mejor los conjuntos estudiados, al mismo tiempo que facilitar la identificación del predador. Además, se adjunta, en cada uno de los parámetros estudiados, los valores que presentan las especies de predadores de micromamíferos actuales según ese mismo punto, sirviendo de base para la comparación con los restos fósiles. Esta información se extrae, principalmente, de egagrópilas y excrementos actuales disgregados y estudiados por Andrews (1990).

4.1.1 Representación

Las diferencias biológicas y etológicas entre los tres grandes grupos de predadores de micromamíferos provocan que la representación ósea y dental de sus presas en las egagrópilas sea diferente. En este primer análisis se pretende que la representación de partes anatómicas de la muestra ofrezca información sobre su consumidor. Para ello se identifican y se contabilizan los distintos restos fósiles de microvertebrados, tanto mamíferos como no-mamíferos (anfibios, reptiles, aves y peces).

En lo que respecta a los restos de microvertebrados no-mamíferos, se contabilizan todos los fósiles y se calcula el número mínimo de individuos con la finalidad de valorar su presencia frente a los restos e individuos de micromamíferos. Sin embargo, en los restos de anfibios, reptiles, aves y peces no se analizan las alteraciones superficiales debido a dos factores básicos. En primer lugar, y a pesar de que los restos de estos pequeños vertebrados también pueden estar representados con frecuencia en los yacimientos en cuevas, la fragilidad de sus cráneos y la inexistencia de dientes en anfibios y aves, limita, frecuentemente, esta representación al esqueleto postcraneal. En segundo lugar, las diferencias osteológicas de los restos de anfibios,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

reptiles, aves y peces provoca que éstos respondan de manera diferente a los efectos de la predación, por lo que no pueden ser comparados con los mamíferos.

Existen diversos trabajos tafonómicos dirigidos a describir las alteraciones y a averiguar la procedencia de los restos de microvertebrados no-mamíferos como los anfibios (Bailon, 1993; Pinto, 1995; Cochard, 1998; Pinto, y Andrews, 1999) y las aves (Mourer-Chauviré, 1983; Ericson, 1987; Bochenski, 1997; Bochenski *et al*., 1993; 1998; Bochenski y Tomek, 1994; 1997; Laroulandie, 2000).

En cuanto a los micromamíferos, y con posterioridad al recuento, se analizarán las modificaciones superficiales de los restos de micromamíferos, quedando fuera de este análisis las partes esqueléticas de los micromamíferos que no proporcionan información sobre el orden al que pertenecen, tales como fragmentos craneales, cinturas, vértebras, autópodos y costillas (Tabla 4.2). Esto se debe a que estos restos no ofrecen información taxonómica, dificultando su asignación a un orden. Además, en ocasiones, su representación está sujeta a los criterios de triado y posterior preparación de muestras. Deberemos tener en cuenta este dato en un futuro ya que para otros análisis éstos restos sí han sido estudiados (como por ejemplo en las abundancias relativas medias).

Elementos de micromamíferos	
Alteraciones superficiales descritas	Alteraciones superficiales NO descritas
Maxilares	Fragmento cráneo
Mandíbulas	Cinturas
Incisivos	Vértebras
Molares	Autópodos
Húmeros	Costillas
Radios	
Ulnas	
Fémures	
Tibias	

Tabla 4.2. Elementos de micromamíferos analizados y no analizados desde el punto de vista tafonómico.

Se utiliza el número mínimo de individuos (NMI) como un método de cuantificación que permite valorar la abundancia relativa de las especies representadas en el conjunto arqueológico estudiado. Puesto que no existe una única técnica de cuantificación estipulada, depende en gran medida de las características de cada

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

conjunto. Los micromamiferistas utilizan un elemento diagnóstico de la dentición, generalmente el M_1, aunque en ausencia de éste se utiliza un elemento craneal o postcraneal diagnóstico, teniendo en cuenta, en ambos casos, la posición de cada elemento en el esqueleto (derecho o izquierdo). Así, por ejemplo, para estimar el NMI aproximado de los tálpidos se utilizan los húmeros, puesto que es difícil hallar el M_1 (Cuenca-Bescós y Rofes, 2004).

No debemos olvidar que el NMI es una aproximación cercana del número original de individuos presentes en un conjunto fósil, no un número absoluto y fiel, puesto que los agentes tafonómicos pueden afectar y distorsionar el registro (Lie, 1980).

La información taxonómica aportada en esta Tesis hace referencia al género, la subfamilia o familia a la que pertenece. Se ha observado que el estudio tafonómico aporta información similar si se presenta por especies o agrupando los especímenes en familias u ordenes ya que, generalmente, los predadores no seleccionan unas especies determinadas, sino unos grupos de presas determinados.

Con la finalidad de describir y entender la representación ósea nos servimos de dos indicadores referidos a las diferentes proporciones entre los elementos esqueléticos hallados en la muestra. Estos indicadores son la *pérdida de elementos esqueléticos* y las *proporciones de los elementos esqueléticos* habidos en la muestra. Ambos, junto con el NMI, sirven para valorar y entender el conjunto de la muestra y la pérdida selectiva de partes anatómicas que se deban a los diferentes grupos de predadores y no a otros agentes tafonómicos posteriores.

4.1.1.1. Pérdida de elementos esqueléticos

La resistencia o grado de durabilidad de cada uno de los restos del esqueleto de un micromamífero frente los agentes sujetos a la predación no es homogénea. De esta manera las diferentes partes esqueléticas están condicionadas por su composición orgánica o mineral, la porosidad de los restos o el grosor de las paredes óseas para resistir o desaparecer ante la intervención de predadores.

No debemos confundir aquí la conservabilidad que poseen los elementos con el grado de durabilidad. La conservabilidad es una propiedad relativa de los tafones que versa en la probabilidad de que cada uno de ellos sea registrado en un ambiente (Fernández-López, 2000). Sin embargo, la durabilidad es la capacidad de los elementos tafonómicos para persistir en un ambiente, sin transformarse en elementos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

de otra clase o desaparecer, cuando cambian los valores de uno o más parámetros ambientales. Es decir, se puede predecir que el grado de durabilidad de los dientes, por su alto contenido mineral, será mayor al de los huesos, o que el grado de durabilidad será menor en elementos aportados por carnívoros, que mastican las presas, que por rapaces.

En consecuencia, debemos considerar el grado de durabilidad de los elementos mediante la proporción de partes esqueléticas que han fosilizado frente a las que han desaparecido en relación al NMI presente en la muestra.

Debemos tener en cuenta que la abundancia o la pérdida de elementos esqueléticos también está condicionada por el volumen de la muestra recuperada. Para evitar esta relación, se utilizan una serie de índices que nos permiten valorar y comparar, mediante porcentajes, muestras de diferentes procedencias. Uno de los índices más utilizados es el de abundancia relativa (IAR) para el que Dodson y Wexlar (1979) propusieron:

$$\mathbf{R_i = N_i / (NMI \times E_i)}$$

Donde:

R_i es la abundancia relativa para el elemento esquelético *i*

N_i es el número de elementos esqueléticos i en la muestra

NMI es el número mínimo de individuos y

E_i es el número de elementos *i* en el esqueleto del micromamífero.

Siguiendo las investigaciones anteriores (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992), y con la finalidad de facilitar la exposición de los datos resultantes de esta fórmula, se multiplica el resultado de la abundancia relativa de cada elemento por 100, siendo interpretado como un porcentaje.

El resultado de los índices de abundancia relativa (IAR) sobre egagrópilas modernas varía según el predador que actúa sobre el conjunto. En la tabla 4.3 se presenta una aproximación de los valores medios de la abundancia relativa para cada

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5411-4/DL:T-1101-2013

elemento de las diferentes especies actuales que estudia Andrews (1990). Los elementos que utiliza este autor para realizar las medias de representación son los maxilares, mandíbulas, molares, incisivos, escápulas, húmeros, radios, ulnas, costillas, vértebras, pelvis, fémures, tibias, calcáneos, astrágalos, metapodios y falanges.

Distribución de predadores en categorías I_1		
Rango	Especies	Categoría I_1
70-80%	*Tyto alba, Asio Otus, Asio flammeus, Nyctea scandiaca* y *Bubo lacteus*	1
60-70%	*Bubo bubo* y *Bubo africanus*	2
30-60%	*Strix aluco* y *Athene noctua*	3
20-40%	*Falco tinnunculus* y *Falco peregrinus*	4
<20%	Carnívoros	5

Tabla 4.3. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías según el rango medio de abundancia relativa (I_1) de los elementos esqueléticos, basándonos en datos de Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992).

En la presente Tesis no se calculan las abundancias relativas de las cinturas, costillas, vértebras y autópodos de micromamíferos, como en otros trabajos (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992), puesto que existe un ligero sesgo en la recogida de estos restos que puede alterar el promedio de representación final. Con la finalizad de realizar comparaciones entre las muestras de este trabajo y la categorización de los predadores que realiza Andrews (1990) mediante el IAR se ha elaborado la tabla 4.4. En ella se exponen las abundancias relativas de cada uno de los elementos esqueléticos incluidos en este estudio (maxilares, mandíbulas, molares, incisivos, húmeros, radios, ulnas, fémures y tibias) y facilitado por Andrews (1990) para cada predador. A partir de estos porcentajes, se realizan las medias y desviaciones estándar de las abundancias relativas que presentan los elementos en las concentraciones de micromamíferos de cada predador.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

	T. alba (n=4)	*N. scandiaca (n=1)*	*A. otus (n=2)*	*A. flammeus (n=2)*	*B. lacteus (n=2)*	*B. africanus (n=1)*	*B. bubo (n=2)*	*S. nebulosa (n=1)*	*S. aluco (n=3)*	*A. noctua (n=1)*
Maxilar	71,3	57,1	84,8	52,5	95,3	47	40	86	74,2	18,7
Mandíbula	84,1	71,4	96	93,6	95,3	100	92,2	98	95,4	68,7
Molar	11,9	10,7	4,2	15,8	25,6	6,1	31,2	20	5,4	26
Incisivo	4,7	14,3	7,6	27,7	11,5	21,2	55	27	34,1	50
Húmero	70,1	82,1	86,3	89,7	79,1	47,2	71,1	88	58,3	68,7
Radio	66,6	71,4	69,3	61,5	79,8	14,2	33,3	61	49,2	12,5
Ulna	70	64,3	76,3	64,1	72,3	33	65,5	72	52,3	43,7
Fémur	69,1	89,3	95,4	73,1	72,9	56,6	73,3	83	81,1	75
Tíbia	73	96,4	94	71,8	72,9	40,6	62,2	91	79,5	87,5
Media	*56,2*	*62,5*	*66,1*	*62,2*	*63,7*	*39,9*	*60,5*	*67,5*	*56,9*	*54,0*
Desv. estándar	*30,1*	*32,6*	*38,4*	*27,5*	*29,1*	*29,6*	*20,5*	*29,5*	*28,9*	*25,7*

	F. tinnunculus (n=4)	*C. cyaneus (n=1)*	*I. albicauda (n=1)*	*G. genetta (n=1)*	*O. megalotis (n=1)*	*C. latrans (n=1)*	*V. vulpes (n=1)*	*A. lagopus (n=1)*	*M. martes (n=1)*
Maxilar	66,2	95,6	64,5	45,9	100	57,1	25	83,3	50
Mandíbula	96,7	97,8	68,1	99,4	100	92,8	50	100	66,7
Molar	32,8	27,5	51,7	11,3	5,7	29,8	31,3	33,3	41,6
Incisivo	60,3	69,5	95,4	55,9	63,5	57,1	68,8	0	75
Húmero	70,3	50	100	48,2	92,3	100	75	50	100
Radio	41,4	21,7	18,2	12	23,1	71,4	25	16	16,6
Ulna	52,3	19,6	59	16	30,8	64,3	37,5	16	67,7
Fémur	31,2	21,7	81,8	59,7	92,3	100	100	16,6	33,3
Tíbia	53,2	19,6	36,3	36,7	23,1	85,7	62,5	33,3	16,6
Media	*54,8*	*40,9*	*63,8*	*42,4*	*53,9*	*75,1*	*56,3*	*33,2*	*52,2*
Desv. estándar	*21,6*	*29,2*	*28,4*	*30,2*	*37,6*	*24,4*	*25,2*	*31,0*	*29,9*

Tabla 4.4. Se presentan el porcentaje del índice de abundancia relativa (IAR) para cada uno de los elementos esqueléticos (o, en el caso de varios conjuntos de un mismo predador, el promedio de ellos) junto con las medias y desviaciones estándar generales de representación del conjunto por cada predador, teniendo en cuenta sólo los elementos esqueléticos sujetos a nuestro estudio. Los porcentajes o promedios porcentuales de los elementos esqueléticos se han extraído de Andrews (1990) para cada uno de los predadores. n: número de conjuntos estudiados para este predador.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

No se ha modificado la situación de los predadores en su categoría de alteración, pero han variado los rangos de la media de representación de los elementos en cada uno de sus conjuntos. En resumen, y teniendo en cuenta sólo los elementos esqueléticos en estudio, los porcentajes de representación medios serían los siguientes (Tabla 4.5):

Distribución de predadores en categorías I_1		
Rango	Especies	Categoría I_1
60-70%	*Tyto alba, Asio Otus, Asio flammeus, Nyctea scandiaca* y *Bubo lacteus*	1
40-60%	*Bubo bubo* y *Bubo africanus*	2
50-60%	*Strix aluco* y *Athene noctua*	3
40-50%	*Falco tinnunculus* y *Falco peregrinus*	4
20-40%	Carnívoros	5

Tabla 4.5. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías según el rango medio de abundancia relativa (I_1) de los elementos esqueléticos estudiados en este trabajo.

Este índice aplicado a conjuntos fósiles debe ser utilizado cautelosamente puesto que los agentes diagenéticos pueden alterar la concentración original (Fernández-Jalvo, 1992). Para discernir entre la pérdida de elementos esqueléticos causada por la acción del predador o causada por la acción de agentes postdeposicionales debemos tener en cuenta otros criterios como la digestión, que caracteriza a los conjuntos fósiles originados por predación.

4.1.1.2. Proporciones de elementos esqueléticos

Para calcular las proporciones entre elementos esqueléticos se utilizan cuatro índices que nos permiten extraer conclusiones sobre la representación preferencial de determinados elementos o grupos de elementos de la muestra.

Dos de estos índices permiten observar las irregularidades en cuanto a la representación del esqueleto postcraneal respecto al craneal (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992). Éstos son el índice Pc/C y el índice H+F/CMx+Md.

1. El índice Pc/C, que relaciona los elementos postcraneales (Pc) *versus* elementos craneales (C) de la muestra. Se comparan los elementos esqueléticos que forman las extremidades, es decir, húmeros, radios,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

ulnas, fémures y tibias, con los cráneos-maxilares, mandíbulas y molares aislados. El resultado previsto de esta proporción en un sólo individuo sería de 10 elementos postcraneales frente a 16 elementos craneales. Para corregir esta proporción, debemos multiplicar el resultado de la suma total de los elementos postcraneales de nuestra muestra por 16 y los craneales por 10 (Fernández-Jalvo, 1992). El resultado obtenido deberá interpretarse como un indicador. Así, cuanto más se acerque al número 1, más equilibrio existirá entre los elementos craneales y postcraneales. Para considerar que en una muestra existen más restos postcraneales que craneales, el resultado deberá ser mayor de 1. Si, por el contrario el resultado es menor a 1 concluiremos que existen más restos craneales en la muestra.

2. El índice H+F/CMx+Md relaciona los elementos proximales de las extremidades (húmero -H- y fémur -F-) con el número de cráneos-maxilares (CMx) y mandíbulas (Md). El resultado deberá interpretarse de la misma manera que el índice Pc/C.

Ambos índices presentan valores diferentes según el predador actor de la asociación. En este trabajo se ha realizado una tabla sintética siguiendo los valores más frecuentes que presentan los conjuntos de especies actuales trabajados por Andrews (1990) en relación con la categoría de predación que les corresponde (Tabla 4.6).

Distribución de predadores en categorías I_2

Rango		Especies	Categoría I_2
Pc/C	H+F/CMx+Md		
>2	1-1’5 >1	*Tyto alba*, *Asio otus* y *Bubo bubo*. *Asio flammeus* y *Nyctea scandiaca*	1
1-1,5	0,8-0,9	*Strix aluco*, *Bubo lacteus*, *Bubo africanus*, *Falco tinnunculus* y *Genetta genetta*	2
0,5-0,7	0,3-0,5	*Circus cyaneus* y *Alopex lagopus*	3
< 0,3	<0,3	*Athene noctua* y *Ichneumia albicauda*, *Canis latrans*, *Vulpes vulpes*.	4
-	-	-	5

Tabla 4.6. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías según los valores resultantes de los índices Pc/C y H+F/ CMx+Md (I_2), basándonos en Andrews (1990).

3. Índice R+T/H+F. En ocasiones algunos conjuntos presentan una mayor destrucción o pérdida de los elementos distales de las extremidades, ya

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

que son más frágiles que los elementos proximales. Para expresar esta anomalía utilizamos el índice R+T/H+F (radios+tibias/húmeros+fémures) (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992). El resultado deberá interpretarse de la misma manera que el índice Pc/C. La clasificación de las especies según el grado de pérdida de elementos distales se realiza siguiendo los datos resultantes del estudio de Andrews sobre egagrópilas y excrementos actuales (Tabla 4.7).

Distribución de predadores en categorías I_3		
Rango	Especies	Categoría I_3
Alrededor de 1	*Tyto alba*, *Nyctea scandiaca*, *Asio otus*, *Bubo lacteus* y *Strix aluco*.	1
0,7-0,85	*Asio flammeus*, *Bubo bubo*, *Strix nebulosa*, *Alopex lagopus* y *Canis latrans*	2
0,6-0,7	*Athene noctua* y *Falco tinnunculus*	3
0,4-0,6	*Bubo africanus*, *Circus cyaneus*, *Vulpes vulpes*	4
0,2-0,4	*Martes martes*, *Ichneumia albicauda*, *Genetta genetta* y *Otocyon megalotis*	5

Tabla 4.7. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de alteración según los valores resultantes del índice R+T/H+F (I_3), basándonos en Andrews (1990).

4. Índice Ms/Av. Frecuentemente las muestras presentan un porcentaje irregular de molares sueltos. Por esa razón es posible utilizar el índice Ms/Av que compara los molares sueltos (Ms) *versus* los alvéolos vacíos (Av) en mandíbulas y maxilares (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992). En la interpretación del resultado se debe considerar que si el valor es menor a 1, existen más espacios vacíos en quijada que molares, denotando la desaparición de molares. Si, por el contrario, es mayor a 1, se concluye que existen más molares aislados que espacios vacíos, reflejando la destrucción de maxilares y mandíbulas. Investigaciones anteriores (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992) relacionan este índice con la fractura de maxilares y mandíbulas, mientras que aquí se relaciona con la desaparición o representación de estos elementos. Posteriormente, tras el análisis de la fractura de mandíbulas, se repetirá el análisis del aislamiento de dientes pero relacionándolo directamente con su fractura.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.1.2. Fractura

La fractura de huesos y dientes es una alteración física que puede ofrecer información referente al predador que ha formado la asociación fósil (Andrews, 1983), ya que los tres grupos de depredadores (estrigiformes, falconiformes y pequeños carnívoros) poseen técnicas de caza e ingestión bien diferenciadas. Así, mientras todas las rapaces efectúan un picotazo en el cráneo de su presa antes de ingerirla, los pequeños carnívoros utilizan la masticación, fracturando más los restos. Entre las rapaces también existen diferencias, ya que las estrigiformes o nocturnas ingieren roedores y pequeñas aves enteras, mientras que las falconiformes o diurnas desmenuzan sus presas antes de ingerirlas, evitando consumir fragmentos grandes de hueso. Los pequeños carnívoros mastican a sus presas, por lo que sus regurgitaciones y defecaciones presentarán elementos con un intenso grado de fractura.

En los trabajos tafonómicos de micromamíferos se analiza y categoriza la fractura de la muestra de forma diferencial y específica para el postcraneal, los maxilares, mandíbulas, incisivos y molares, teniendo en cuenta la morfología del resto, la edad de la presa y las fracturas más frecuentemente observadas en restos de egagrópilas actuales. Como sucede en el caso de la representación, la fractura no sólo se debe a la acción de predadores. La propia digestión del fragmento y los agentes postdeposicionales como la abrasión o el pisoteo pueden romper los restos de micromamíferos (Fernández-Jalvo, 1992). Por esta razón la fracturación de los elementos no debe tomarse de forma aislada como diagnóstica de un grupo de predadores.

4.1.2.1. Fractura en elementos postcraneales

En el análisis del elemento conservado del esqueleto postcraneal se incluyen húmeros, radios, ulnas, fémures y tibias. Las características morfológicas de estos restos, llamados huesos largos, ofrecen una gran variedad de fracturaciones que deben ser clasificadas homogéneamente. De esta manera elaboramos una categorización objetiva de la fractura de estos elementos esqueléticos mediante la figura 4.1.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

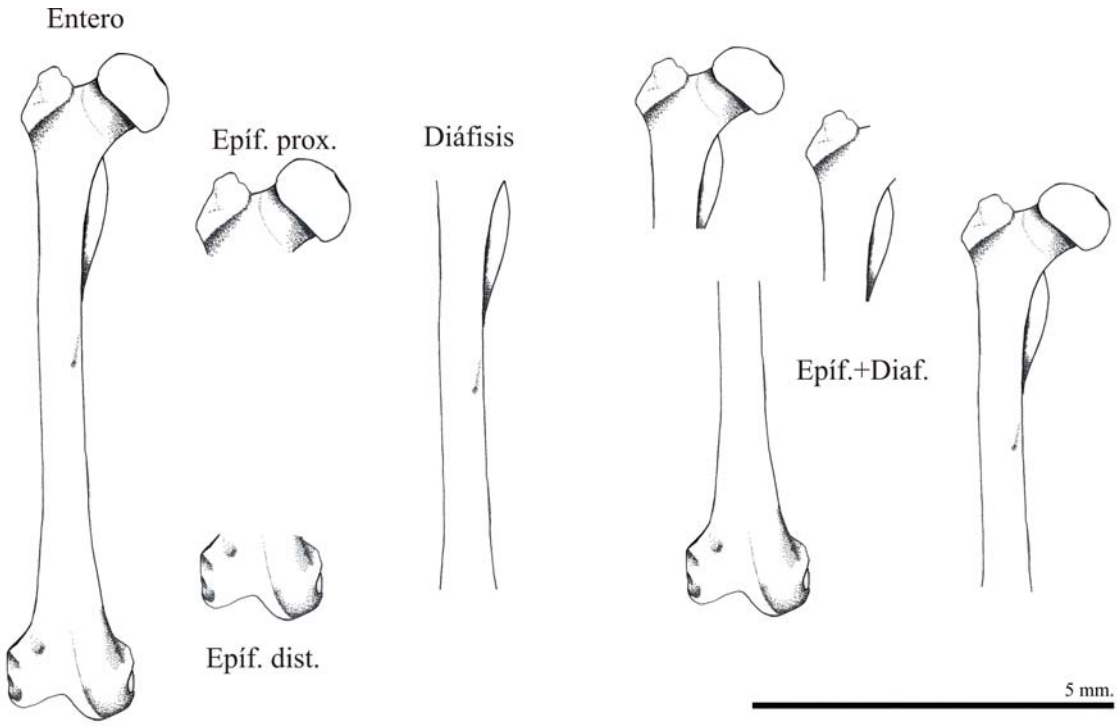

Figura 4.1. Categorización de las roturas en huesos largos.

A través de esta clasificación pretendemos plasmar la fractura real de la muestra. Así pues, contabilizamos como elementos anatómicos completos a aquellos que poseen una diáfisis y las dos epífisis enteras o aquellos que han perdido una pequeña porción de las epífisis. A diferencia de los trabajos anteriores, no se consideran elementos completos los restos a los que les falta alguna de las epífisis, a excepción de los huesos juveniles, donde las epífisis aún no están fusionadas. Además, en la presente Tesis se ha contabilizado y categorizado la presencia de epífisis enteras con una parte de la diáfisis en el tipo de rotura denominado "epif.+diaf.". Esta categoría no está contemplada en trabajos anteriores y los restos que poseen este tipo de rotura se incluyen dentro del grupo de las diáfisis. Así, no es posible establecer analogías directas entre la rotura "epif.+diaf." y las investigaciones previas, si bien es verdad que la suma de los restos que poseen tipos de rotura "diaf." y "epif.+diaf." en este trabajo pueden ser comparados con los tipos de rotura denominados "diáfisis" en Andrews (1990).

La categorización de las especies predadoras se realiza a través del porcentaje de restos rotos frente a los restos enteros, tal y como muestra la siguiente tabla (Tabla 4.8).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Distribución de predadores en categorías F_p		
Rango	Especies	Categoría F_p
90-100%	*Tyto alba*, *Asio otus*, *Asio flammeus*, *Bubo lacteus* y *Strix nebulosa*	1
90-80%	*Nyctea scandiaca* y *Bubo bubo*	2
40-70% *	*Strix aluco*, *Bubo africanus*	3
40%	*Athene noctua*, *Falco tinnunculus*, *Circus cyaneus*, *Ichneumia albicauda*, *Genetta genetta* y *Otocyon megalotis*	4
< 30%	*Canis latrans*, *Vulpes vulpes*, *Alopex lagopus* y *Martes martes*	5

Tabla 4.8. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura en postcraneal (F_p), según el porcentaje de elementos completos. Para realizar esta clasificación se han utilizado los datos de Fernández-Jalvo (1992).* frecuentemente presentan valores cercanos al 50%.

Además del porcentaje de restos fracturados *vs* restos enteros en la muestra, en este trabajo se considera importante observar también el tipo de fractura resultante más frecuente para cada uno de los predadores. Para ello, y con la finalidad de continuar con el criterio unitario utilizado hasta el momento, se han extraído los porcentajes de cada categoría de fractura (completos, epífisis proximales, epífisis distales y diáfisis) en base a los datos absolutos ofrecidos por Andrews (1990) para cada uno de los predadores que estudió (Tabla 4.9).

	T. alba	*N. scandiaca*	*A. otus*	*A. flammeus*	*B. lacteus*	*B. africanus*
Completo	97,8%	82%	95%	90%	97,5%	66,5%
Epif. prox.	1,2%	10%	3,2%	5,5%	1,2%	12,8%
Diafisis*	0,8%	3%	1%	1,8%	0,8%	11,3%
Epif. dist.	0,2%	5%	0,8%	2,8%	0,5%	9,5%
	B. bubo	*S. nebulosa*	*S. aluco*	*A. noctua*	*F. tinnunculus*	*C. cyaneus*
Completo	87%	92%	64,7%	44,7%	31,9%	31%
Epif. prox.	7,8%	5,6%	16,8%	26,5%	33,4%	27,4%
Diafisis*	0,8%	1,4%	5,5%	19,7%	21,1%	23,1%
Epif. dist.	4,5%	1%	13%	9,1%	13,6%	18,5%
	I. albicauda	*G. genetta*	*O. megalotis*	*C. latrans*	*V. vulpes*	*M. martes*
Completo	21,6%	39%	24%	8%	0%	6,3%
Epif. prox.	49,3%	34,3%	54,2%	61,3%	48,7%	59,2%
Diafisis*	14,8%	11,5%	7%	13,7%	24%	21,8%
Epif. dist.	14,3%	15,3%	14,8%	17%	27,3%	12,7%

Tabla 4.9. Porcentajes de los tipos de fractura de elementos postcraneales para cada uno de los predadores, siguiendo datos de Andrews (1990). * La categoría análoga a la categoría de diáfisis de Andrews (1990) en este trabajo corresponde con la suma de las categorías de diáfisis y de “epif.+diaf.”.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.1.2.2. Fractura en cráneos

Los cráneos de micromamíferos, debido a su fragilidad y a las técnicas de caza de los diferentes grupos de predador, no suelen aparecer enteros en las muestras fósiles. Los pocos cráneos que resisten al proceso de ingestión y digestión, rara vez perduran tras los procesos postdeposicionales, pero, pese a todo, pueden estar representados ocasionalmente, como en los ejemplos ilustrados de Cueva de El Mirador o Sima del Elefante (Figura 4.2). En egagrópilas modernas se han podido observar los patrones de fractura de cráneos que no han sufrido la agresión de los procesos postdeposicionales, permitiéndonos crear la siguiente clasificación.

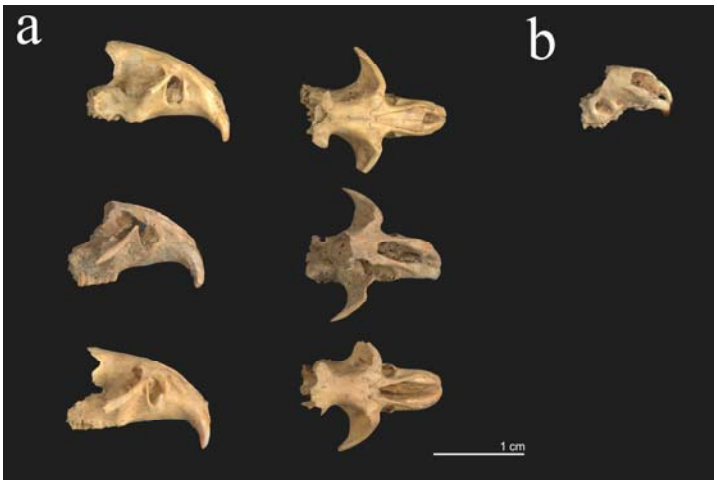

Figura 4.2. Ejemplos de conservación de cráneos fósiles. **a**. Cráneos de *Microtus agrestis-arvalis* de Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca). **b**. Cráneo de *Beremendia fissidens* de Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca).

En primer lugar, y como se observa en el dibujo *a* de la figura 4.3, desaparecen las bulas timpánicas, donde se alojan los huesos del oído. Con posterioridad (dibujo *b*), se fragmenta el cóndilo basal por la caja craneana, perdurando el conjunto de huesos que forman el premaxilar, el proceso nasal y orbital, junto con el maxilar, el arco cigomático y los dientes.

En esta Tesis, el grado de fractura más elevado para cráneos (*c*), no corresponde con el grado más elevado expresado en trabajos anteriores (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992), puesto que aquí, y tal y como veremos en el siguiente

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

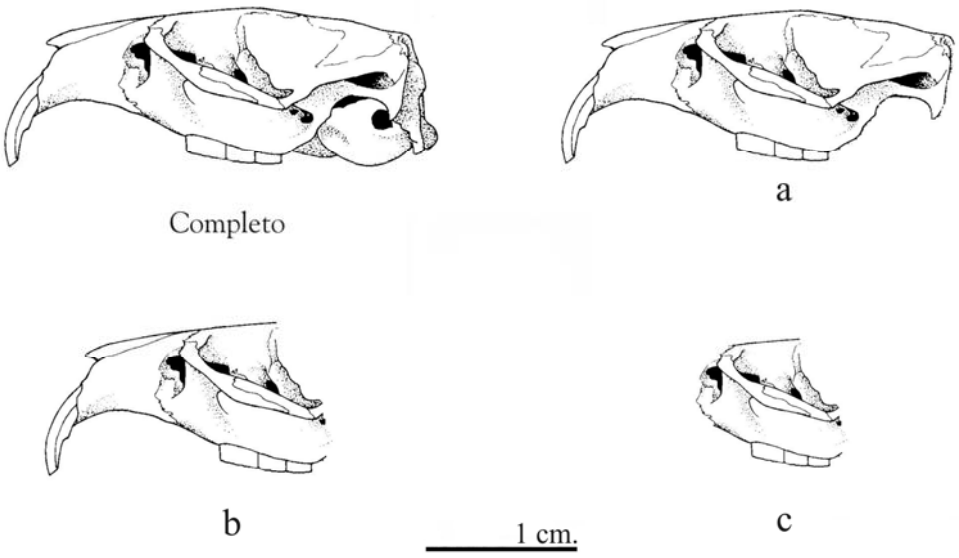

Figura 4.3. Categorías de fracturación en cráneos.

apartado, se ha incluido una categoría especial de maxilares que se inicia tras la fractura de la categoría *c* de cráneos. En trabajos anteriores la categoría *c* estaba formada sólo por el maxilar. Sin embargo, aquí comprende el conjunto de huesos que forman el maxilar, el frontal y el cigomático. La categoría *c* de Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992) correspondería a la categoría *d* de maxilares (apartado 4.1.2.3, Figura 4.4).

La distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de alteración se realiza según el porcentaje de cráneos completos frente a los cráneos fracturados (Tabla 4.10), en base a los datos proporcionados por Andrews (1990).

Distribución de predadores en categorías F_c		
Rango	Especies	Categoría F_c
70-100%	*Tyto alba, Asio otus, Bubo lacteus, Strix nebulosa* y *Nyctea scandiaca*	1
50-70%	*Asio flammeus, Bubo bubo, Bubo africanus* y *Strix aluco*	2
30-50%	*Athene noctua, Falco tinnunculus* y *Circus cyaneus*	3
-	-	4
0%	Pequeños mamíferos carnívoros	5

Tabla 4.10. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura de cráneos (F_c) según el porcentaje de cráneos completos. Datos extraídos de Andrews (1990).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.1.2.3. Fractura en maxilares

En las muestras fósiles es más frecuente la representación de maxilares que la aparición de cráneos. En investigaciones anteriores el grado más avanzado de fractura en cráneos o maxilares correspondía a la categoría *d* de la figura 4.4 (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992), mientras que en esta Tesis entendemos la presencia de maxilares aislados como la evolución del proceso de fracturación de los cráneos. Por esta razón se estudia la fractura teniendo en cuenta los patrones de fractura de los cráneos y las tendencias de fracturas más observadas hasta el momento. Hemos constatado que tras la pérdida paulatina de la bóveda craneana (correspondiente al tipo *c* de la figura 4.3) y una vez restan sólo los maxilares, la pérdida de tejido suele seguir una tendencia centrípeta, es decir, desde fuera hacia el centro del maxilar (Figura 4.4). En algunas ocasiones hemos detectado fracturas en el plano longitudinal del maxilar, dividiéndolo en dos hemimaxilares. Este tipo de fracturas es más frecuente en múridos, cricétidos e insectívoros que en arvicólidos. En ningún caso se han contabilizado como maxilares enteros.

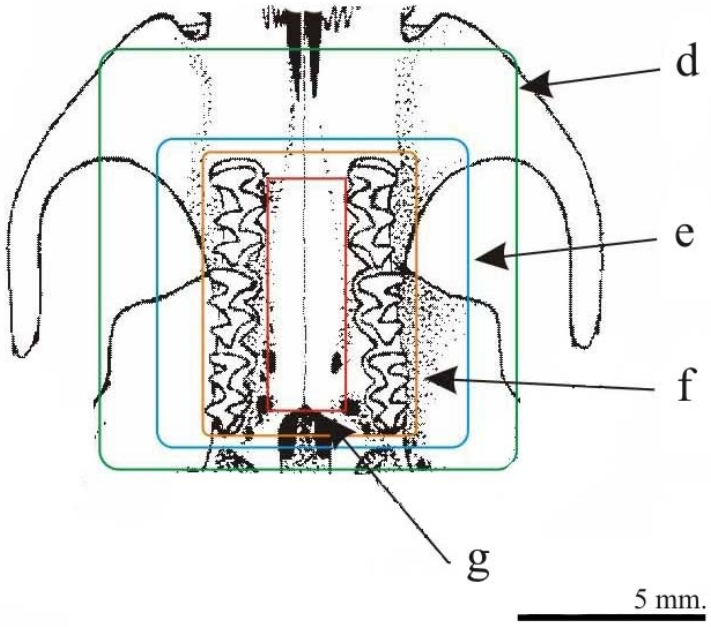

Figura 4.4. Categorización de fractura del maxilar. La totalidad del hueso maxilar está representado por *d*.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Se considera que el maxilar está entero (*d*) cuando presenta la totalidad de los dos hemimaxilares, junto con la raíz del arco cigomático (es decir, los procesos maxilar y escamoso, respectivamente). El maxilar poseerá un grado de fragmentación *e* cuando presente el hueso maxilar en buen estado pero el arco cigomático haya desaparecido. Cuando el maxilar o hemimaxilar pierde las paredes óseas externas, dejando sin fijación a los molares, aun presentes, se considera un maxilar en fractura *f*. Por el contrario, cuando ya se han perdido los molares, permaneciendo tan sólo el hueso palatino, se considerará una fragmentación de tipo *g*.

Nuestra experiencia deshaciendo egagrópilas y excrementos y el posterior análisis de los restos hallados en ellos, nos ha mostrado que los predadores que se clasifican en la categoría de modificación 3 en la rotura de cráneos suelen presentar porcentajes variables entre el 30 y 50% de maxilares con fracturas tipo *f* y *g*. Por su parte, los vivérridos presentan porcentajes de entre el 60 y 80% y el resto de pequeños mamíferos carnívoros presenta más del 80% de maxilares con fracturas del tipo *f* y *g* (Tabla 4.11).

Distribución de predadores en categorías F_{Mx}		
Rango	Especies	Categoría F_{Mx}
30-50%	*Athene noctua, Falco tinnunculus* y *Circus cyaneus*	3
70-80%	viverridos	4
+80%	Otros carnívoros.	5

Tabla 4.11. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura en maxilares (F_{Mx}). Para esta clasificación se utiliza el porcentaje de maxilares con fracturas de tipo *f* y *g* (ver Figura 4.4).

Fernández-Jalvo (1992) otorgó una especial importancia al proceso cigomático como indicador de rotura en el maxilar, por lo que se contabiliza la preservación *in situ* de los diferentes huesos que lo forman (maxilar, yugal y escamoso). Posteriormente, se relacionan los maxilares con parte del arco cigomático con los maxilares totales presentes en la muestra, obteniendo un porcentaje de conservación del proceso cigomático (Tabla 4.12).

Para completar el estudio de la rotura de cráneos-maxilares es conveniente obtener el número de incisivos y molares ausentes en los maxilares a partir de la estimación de alvéolos vacíos. La clasificación en categorías de las diferentes especies actuales estudiadas por Andrews (1990) se realiza a través del porcentaje de alveólos de incisivos vacíos ya que el grado de pérdida de molares presenta mucha variación

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

entre las familias arvicolidae, muridae, cricetidae, sciuridae, gliridae, soricidae, erinaceidae y talpidae. Esta variación se debe a que la familia arvicolidae posee dientes de crecimiento continuo y carentes de raíces, por lo que se desprenden con mayor facilidad que el resto de familias de roedores (Tabla 4.13).

Distribución de predadores en categorías P_{AC}		
Rango	Especies	Categoría P_{AC}
0-30%	*Tyto alba*, *Asio otus*, *Bubo lacteus*, *Strix nebulosa* y *Nyctea scandiaca*,	1
30-50%	*Bubo bubo*, *Bubo africanus* y *Strix aluco*	2
50-70%	*Asio flammeus*, *Falco tinnunculus*, *Circus cyaneus*, *Ichneumia albicauda*, *Genetta genetta*, *Otocyon megalotis* y *Canis latrans*	3
+ 70%	*Athene noctua*, *Vulpes vulpes*, *Alopex lagopus* y *Martes martes*	4
	-	5

Tabla 4.12. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de pérdida de arcos zigomáticos (P_{AC}). Se utiliza el porcentaje de pérdida de arcos cigomáticos en cráneos y maxilares. Datos extraídos de Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992).

Distribución de predadores en categorías P_{DMx}		
Rango	Especies	Categoría P_{DMx}
20-40%	*Tyto alba*, *Asio otus*, *Bubo lacteus* y *Nyctea scandiaca*	1
50-60%	*Strix nebulosa* y *Strix aluco*	2
80-90%	*Asio flammeus*, *Bubo bubo*, *Bubo africanus*, *Otocyon megalotis* y *Canis latrans*	3
90-100%	*Athene noctua*, *Falco tinnunculus*, *Circus cyaneus*, *Genetta genetta*, *Ichneumia albicauda*, *Vulpes vulpes*, *Alopex lagopus* y *Martes martes*	4
-	-	5

Tabla 4.13. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de pérdida de dientes en maxilares (P_{DMx}). Para realizar esta categorización se utiliza el porcentaje de pérdida de dientes, especialmente incisivos, en los maxilares estudiados. Los datos se extraen de Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992).

4.1.2.4. Fractura en mandíbulas

Tras los procesos de ingestión, digestión y diagénesis, las ramas mandibulares y los bordes inferiores de las mandíbulas suelen fragmentarse. La pérdida de la rama mandibular ascendente, como se puede observar en *a* y *b* en la Figura 4.5, es gradual. En un primer lugar se rompen las apófisis coronoide y angular (*a*), para, posteriormente, fragmentarse completamente la rama mandibular (*b*). En el caso de *c*, los procesos de fracturación alcanzan la sínfisis, provocando que el cuerpo mandibular

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

se debilite y fracture en un grado más avanzado (*d*), favoreciendo la pérdida del incisivo de los molares.

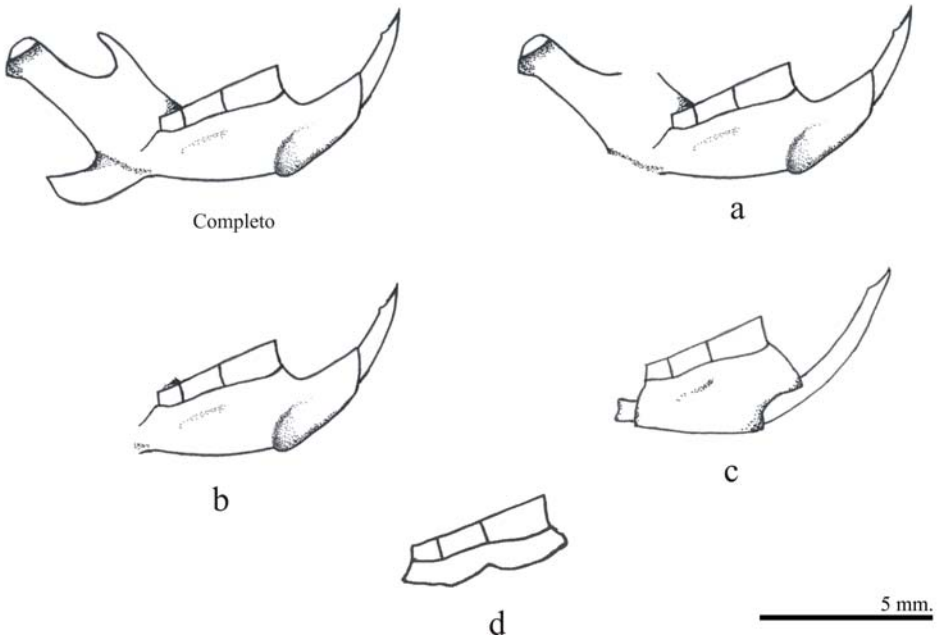

Figura 4.5. Categorización de la rotura en mandíbulas

Las ramas, los bordes inferiores y los diastemas mandibulares son excelentes indicadores de fractura. Por esta razón, tras señalar los grados de fractura de las mandíbulas, se contabiliza el número de restos que conservan la rama mandibular ascendente, y el borde inferior y el diastema intactos, relacionándolo directamente con el número total de mandíbulas.

En la siguiente tabla (4.14) se clasifican las diferentes especies actuales estudiadas en relación al porcentaje de mandíbulas enteras presentes en el conjunto que deyectan los predadores, teniendo en cuenta también el porcentaje de pérdida de la rama mandibular y la rotura del borde inferior (Andrews, 1990 y Fernández-Jalvo, 1992). Sólo el Búho nival (*Nyctea scandiaca*) presenta un porcentaje diferente de mandíbulas completas y pérdida de rama mandibular y borde inferior intacto. Mientras presenta el 60% de las mandíbulas enteras, situándose entre la categoría 1 y 2, el grado de fractura de la rama mandibular y del borde inferior es más elevado, por lo que se sitúa en la categoría 2 general. Hasta el momento, no se ha observado el grado de rotura del diastema que ejercen las diversas especies predadoras actuales sobre las

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

presas ingeridas, por lo que no es posible realizar la comparación con los restos fósiles.

Distribución de predadores en categorías F_{Md}		
Rango	Especies	Categoría F_{Md}
70-90%	*Tyto alba*, *Asio otus*, *Bubo lacteus* y *Strix nebulosa*	1
15-40%	*Asio flammeus*, *Nyctea scandiaca*, *Bubo bubo* y *Strix aluco*	2
2-10%	*Falco tinnunculus*, *Circus cyaneus* y *Bubo africanus*	3
0%	*Athene noctua*, *Genetta genetta*, *Ichneumia albicauda*, *Vulpes vulpes*, *Alopex lagopus*, *Martes martes*, *Otocyon megalotis* y *Canis latrans*.	4
-	-	5

Tabla 4.14. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura de mandíbulas (F_{Md}) según el porcentaje de mandíbulas enteras. Los datos para esta clasificación se extraen de Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992).

Siguiendo el mismo patrón de estudio que en los maxilares, se estima el número de alvéolos vacíos para obtener el número de incisivos y molares ausentes en las mandíbulas. Al igual que en los cráneos-maxilares, la clasificación de las especies en base a estimaciones actuales se realiza teniendo en cuenta únicamente los incisivos, ya que el grado de pérdida de los molares en las mandíbulas presenta diferencias según la familia a la que pertenezca el individuo (arvicolidae, muridae, cricetidae, sciuridae, gliridae, soricidae, erinaceidae y talpidae). Estas diferencias se deben, básicamente, a que la familia arvicolidae posee dientes de crecimiento continuo y carentes de raíces, por lo que se desprenden con facilidad (Tabla 4.15).

Distribución de predadores en categorías P_{DMd}		
Rango	Especies	Categoría P_{DMd}
20-40%	*Tyto alba*, *Asio otus*, *Nyctea scandiaca*, *Strix nebulosa Asio flammeus* y *Bubo bubo*	1
50-60%	*Bubo lacteus*, *Bubo africanus* y *Strix aluco*	2
80-90%	*Athene noctua*, *Falco tinnunculus*, *Martes martes*, *Alopex lagopus* y *Canis latrans*	3
90-100%	*Circus cyaneus*, *Genetta genetta*, *Ichneumia albicauda*, *Vulpes vulpes* y *Otocyon megalotis*	4
-	-	5

Tabla 4.15. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de pérdida de dientes en mandíbulas (P_{DMd}). Para realizar esta categorización se utiliza el porcentaje de pérdida de dientes, especialmente incisivos, en las mandíbulas estudiadas. Los datos se extraen de Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.1.2.5. Fractura en dientes

Para analizar el grado de fractura en dientes se contabilizan los incisivos y los molares rotos en relación a su situación *in situ* o aislada de sus alvéolos. Se considera como premisa inicial que durante la digestión se debilita la estructura del esmalte y la dentina, lo que provoca la fragilidad de un diente frente a otro que no ha sido digerido (Fernández-Jalvo, 1992). Al mismo tiempo, la digestión, como veremos posteriormente, afecta en mayor medida a los dientes aislados. Por esta razón, la fractura en dientes sueltos es mucho mayor que la de los dientes que se conservan en sus alvéolos (Andrews, 1990).

Al multiplicar el número de molares rotos en sus alvéolos por cien y comparando el resultado con el número total de molares presentes en la muestra, se obtiene el porcentaje de molares *in situ* rotos. O lo que es lo mismo: molares rotos *in situ* x 100/ molares totales. De igual manera, se obtiene el porcentaje de molares aislados y rotos. Se utiliza el mismo procedimiento para calcular el porcentaje de incisivos rotos *in situ* y rotos aislados.

Como sucede en cada uno de los parámetros anteriores, el resultado de la rotura en molares e incisivos varía según el predador. Con los datos facilitados por Andrews (1990) y la clasificación en diversas categorías de Fernández-Jalvo (1992), se ha realizado la tabla 4.16, en la que se muestra una aproximación al porcentaje de fractura en molares e incisivos, aislados e *in situ* que presentan los conjuntos actuales de predadores de micromamíferos.

Distribución de predadores en categorías F_D					
Rango				**Especies**	Categoría **F_D**
Molares		Incisivos			
In situ	Aislado	In situ	Aislado		
0%	0%	0%	0%	*Tyto alba*, *Nyctea scandiaca*, *Asio otus* y *Strix nebulosa*	1
0-2%	0-20%	0-5%	10-20%	*Asio flammeus*, *Bubo africanus*, *Bubo lacteus* y *Athene noctua*	2
1-5%	1-5%	0-10%	0-10%	*Bubo bubo* y *Strix aluco*	3
3-10%	10-15%	0-10%	10-20%	*Falco tinnunculus* y *Circus cyaneus*	4
+10%	+20%	+20%	+30%	Carnívoros	5

Tabla 4.16. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de fractura en dientes (F_D), en base a los datos ofrecidos por Andrews (1990) y Fernández-Jalvo (1992).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.1.3. Digestión

Los efectos producidos por la digestión en los micromamíferos consumidos tienen un carácter químico, distintivo y exclusivo de la acción de depredadores que se expresa en la superficie de los restos tanto actuales como fosilizados. Dado este carácter distintivo no es posible confundir la digestión con otras alteraciones de carácter postdeposicional, como sí sucede en el caso de la representación y la fractura.

Diversos estudios han documentado cambios en la composición y concentración de ciertos elementos químicos en los micromamíferos a causa de la digestión, frecuentemente en las concentraciones de P y Ca, aunque también existen alteraciones de menor intensidad en las concentraciones de Sr, Mg, F, S, Cl, Zn, Al, Ba y Na. (Dauphin *et al.*, 1988; Fernández-Jalvo *et al.*, 2002). Según se ha observado en el análisis del conjunto de micromamíferos de Olduvai Bed I, los cambios químicos más importantes y diagnósticos de digestión de los restos se registran en las concentraciones de Ca, P y S (Denys *et al.*, 1996b). Estas alteraciones se registran también en la superficie del resto analizado a pesar de las variables morfológicas y de composición orgánico-mineral existentes.

Las alteraciones por la acción de jugos gástricos se presenta en la superficie de los dientes (incisivo y molar) en forma de suaves picoteados en el esmalte con una posterior desaparición del esmalte y degradación de la dentina, mientras que en materia ósea se presenta a modo de corrosión local o generalizada y redondeamiento de los bordes anatómicos y de fractura. Se debemos tener presente en todo momento que la digestión es un proceso selectivo y secuencial, por lo que, en primer lugar, no afecta de igual manera a todos los elementos de la muestra analizada, y en segundo lugar, se manifiesta gradualmente en los restos (Fernández-Jalvo *et al*., 2002).

Durante el proceso de digestión son varios los factores que intervienen. Éstos producen variabilidad en las modificaciones que producen los diferentes predadores a nivel de grupo o especie. Esta variabilidad puede darse, incluso, en un mismo individuo.

Una de estas variables es el pH y el nivel enzimático del predador (Smith. y Richmond, 1972). El pH es más ácido antes de comer y cuando el predador lleva un largo periodo sin ingerir ninguna presa (Duke *et al.*, 1975). Este factor, junto con el tiempo que permanecen los restos en el estómago, puede producir efectos más o menos agresivos en los restos de las concentraciones de micromamíferos (Chitty, 1938). Además el nivel de pH también aumenta en los predadores juveniles (Raczynski y Reprecht, 1974; Andrews, 1990).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Otros factores que determinan una mayor o menor alteración son la posición de estos restos en el estómago, la existencia de pelo y plumas que envuelvan los restos óseos para la regurgitación, etc. (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992). A pesar de esta variabilidad, cada especie de predadores posee unas características generales de carácter biológico y etológico que permiten interpretar la digestión como un elemento diagnóstico de grupo. Para ello, se analizan los restos fósiles de la muestra en base al método de Andrews (1990) que divide la digestión en 4 grados, desde ligera a extrema, aplicada a incisivos, molares y postcraneal (Tabla 4.17).

Además, como se ha descrito anteriormente, la digestión afecta de diferente modo a incisivos, molares y elementos postcraneales. En los incisivos, el grado de digestión puede variar dependiendo de su posición alveolar (*in situ* o aislados). Los incisivos que se conservan *in situ* tienden a mostrar más resistencia a los jugos gástricos que los incisivos desprendidos de sus alvéolos. Al mismo tiempo, la alteración es mayor en los incisivos mantenidos *in situ* en el maxilar que los de la mandíbula debido a que el maxilar es mucho más poroso, permitiendo un mejor contacto de los jugos gástricos con el incisivo (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992).

La zona del incisivo más expuesta a los jugos gástricos del predador es la porción bucal por lo que será la primera zona que se verá afectada por la digestión ligera (Figura 4.6). De este modo, si en los grados de digestión posteriores se localiza la desaparición del esmalte y la alteración de la dentina únicamente en este lugar, nos indica que durante el periodo de digestión, el incisivo estaba resguardado por la mandíbula y que podría haberse desprendido del alvéolo con posterioridad. A pesar de todo, es más común que los incisivos que presentan digestión fuerte y extrema, estén desprendidos de su alvéolo puesto que se debilita la fracción ósea que los retiene.

La digestión sobre molares varía según el tipo de diente, el grosor, tipo de recubrimiento del esmalte, su morfología y, por lo tanto, del taxón. Así pues, los molares de arvicólidos presentarán alteraciones localizadas en los ángulos salientes, porque es allí donde el esmalte se adelgaza, presentando una morfología irregular con vértices más acusados (Figura 4.7). La digestión en molares de múridos, cricétidos e insectívoros, concentrará las alteraciones en las cúspides y raíces, ya que son las zonas que presentan el esmalte más fino o que carecen de él. Éstos manifestarán una morfología más suave, donde las cúspides se redondean.

En la tabla no se han incluido la digestión en molares de insectívoros porque la resistencia que ofrecen a los jugos gástricos es mayor y no existe correlación con los molares de arvicólidos, múridos y cricétidos. Los insectívoros son pequeños

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5114-4/DL:T-1101-2013

mamíferos que basan su alimentación en pequeños insectos y crustáceos, por lo que requieren una mandíbula y dientes resistentes y con alto contenido mineral. Además, los insectívoros, salvo los tálpidos, presentan dientes taurodontos (con las raíces en forma de ancla) que son más difíciles de desprender de los alvéolos que los molares de roedor. Por esta razón es difícil observar y registrar algún molar de insectívoro afectado por la digestión ligera o moderada. Cuando el molar de insectívoro presenta desaparición del esmalte se le asigna una digestión en grado fuerte, mientras que cuando la alteración afecta ya a la dentina, dejando pequeños islotes de esmalte en la superficie, se considera el grado extremo.

Los primeros signos de digestión en el esqueleto postcraneal apaceren en forma de corrosiones en las epífisis de los restos (Fernández-Jalvo, 1992) (Tabla 4.17). Según la categorización realizada por esta autora, la alteración se va extendiendo gradualmente hacia la diáfisis, provocando redondeamientos en los extremos o bordes de fractura y, en grados de digestión muy avanzada, en la pérdida de la morfología inicial del resto.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Resumen de las alteraciones superficiales por efecto de la digestión				
Grado digestión	*Elemento alterado*			
	Incisivos	Molares		Postcraneal
		Arvicólidos	Múridos y cricétidos:	
Ligero	Superficie con una ligera corrosión más o menos homogénea.	Redondeamiento de los extremos de los vértices apicales, produciendo un suave desgaste. Puede desaparecer el esmalte de los vértices.	Leve truncamiento de la superficie del esmalte y de las cúspides oclusales.	Corrosión en las epífisis de los elementos esqueléticos afectados.
Moderado	El esmalte presenta una alteración más pronunciada que en el caso anterior y sólo tiende a desaparecer en la superficie oclusal. La dentina puede verse localmente afectada	El esmalte de los vértices apicales desaparece, alcanzando la mitad de las columnas, dejando al descubierto la dentina.	Desaparece el esmalte de las cúspides.	Se ve alterada la superficie de la diáfisis, presentando un aspecto abrasionado o pulido, con los bordes de fractura ligeramente redondeados.
Fuerte	Casi total desaparición del esmalte. Se observa la superficie de la dentina ondulada.	El esmalte desaparece de los ángulos, donde queda la dentina totalmente expuesta.	Desaparición total del esmalte, pero la dentina no aparece afectada.	La diáfisis presenta un aspecto ondulado y los bordes de fractura están fuertemente redondeados, con un reborde fino.
Extremo	El esmalte desaparece, mientras que la dentina, muy afectada, pierde su forma original.	La dentina forma una superficie ondulante, quedando reductos de esmalte.	La dentina presenta una superficie irregular.	Pronunciadas irregularidades en su diáfisis y con los bordes de fractura muy redondeados, pero con un reborde más grueso que en el caso anterior.

Tabla 4.17. Cuadro resumen de las modificaciones superficiales relacionadas con la digestión según el grado de alteración. Se diferencian las alteraciones según el elemento esquelético estudiado: incisivos, molares y esqueleto postcraneal. Además, en el caso de los molares, se describen las diferencias de las alteraciones según la familia a la que pertenecen. Datos extraídos de Andrews (1990) y de Fernández-Jalvo (1992).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

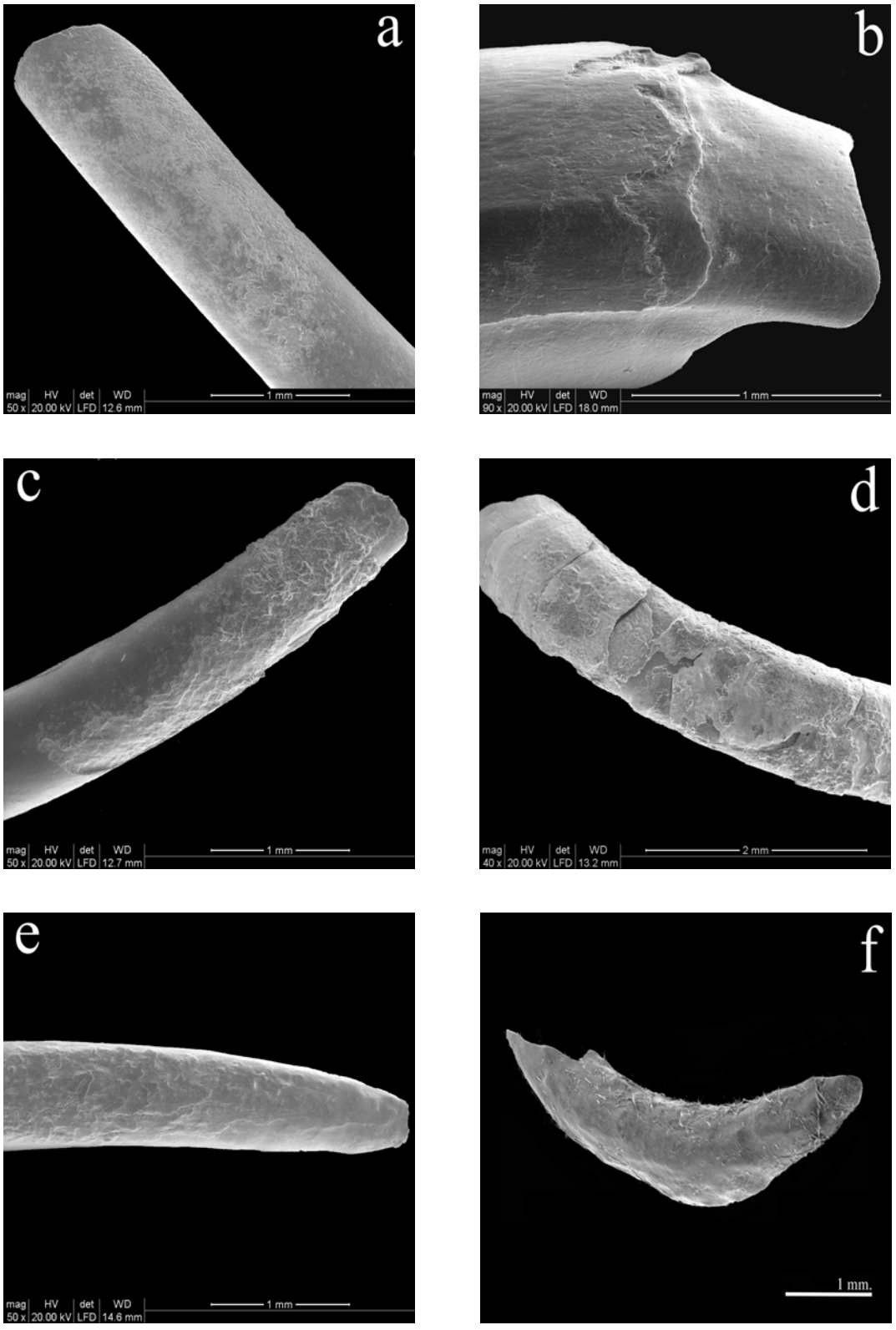

Figura 4.6. Grados de digestión en incisivos fósiles y actuales. **a** y **b** Grado ligero: ligero picoteado y pérdida del esmalte en la zona oclusal. **c** y **d**. Digestión moderada: se pierde progresivamente el esmalte a lo largo del incisivo y la dentina aparece parcialmente afectada. **e**. Grado fuerte: el esmalte se reduce a pequeños islotes y la dentina aparece ondulada. **f**. Grado extremo: pérdida total del esmalte y elevada ondulación de la dentina. Las imágenes de **a**-**e** corresponden a incisivos fósiles, mientras que la imagen **f** pertenece a un incisivo actual.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

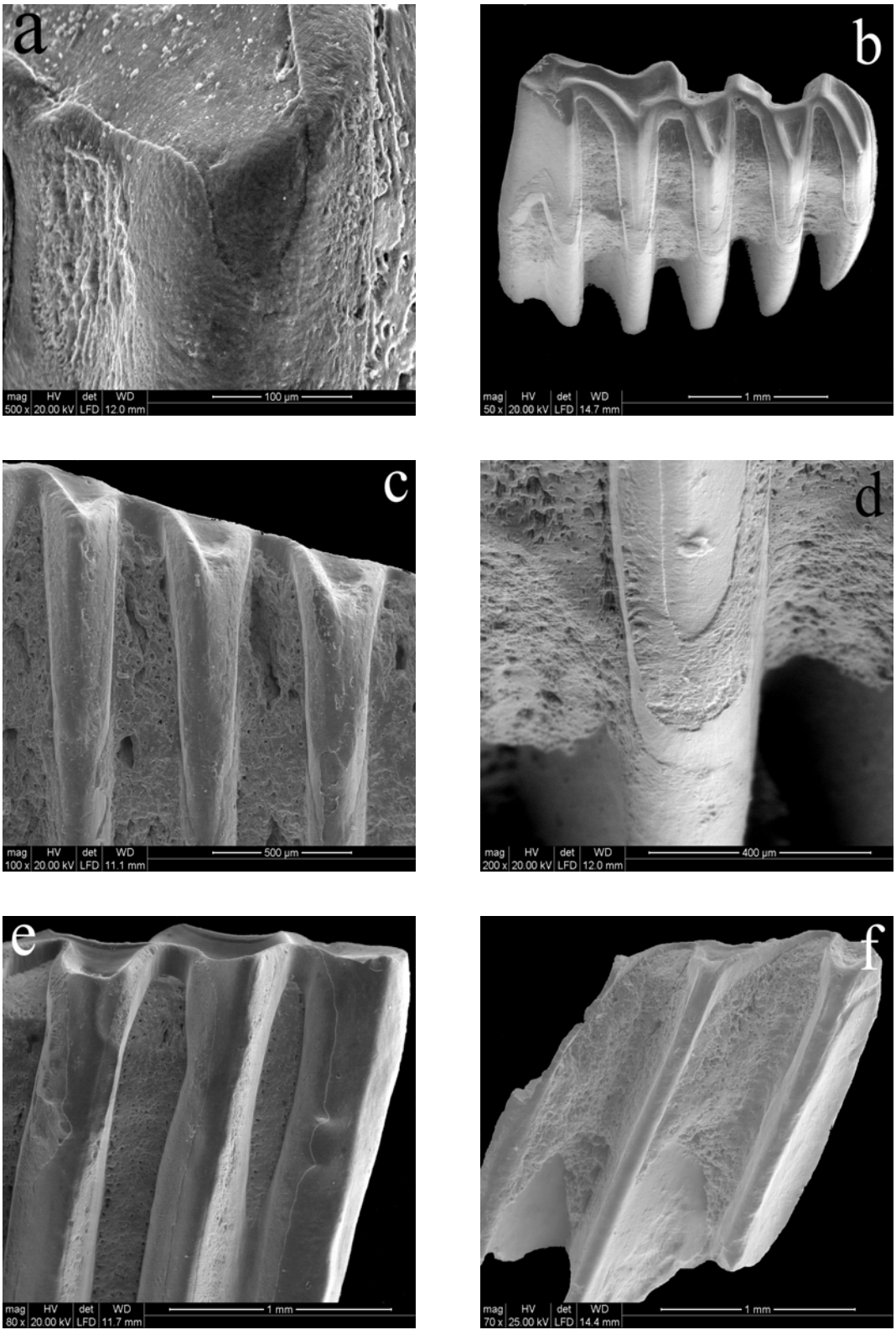

Figura 4.7. Digestión en molares fósiles de arvicólidos. **a**. Grado ligero: leve desaparición del esmalte en los vértices. **b**. Grado moderado: desaparece el esmalte hasta la mitad de las columnas del molar. **c**. detalle de las columnas descubiertas de esmalte. **d**. Detalle de la desaparición del esmalte. **e**. Digestión en grado fuerte: desaparición del esmalte a lo largo de las columnas del molar y ligera ondulación de la dentina. **f**. Grado extremo: reductos de esmalte sobre la dentina, fuertemente ondulada.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 4.8. Grados de digestión. **a**. Digestión en grado fuerte en molar de insectívoro. **b**. Digestión ligera en fémur de roedor. **c**. Grado moderado en húmero de roedor. La superficie de la diáfisis se presenta ligeramente ondulada. **d**. Digestión fuerte en hueso de micromamíferos actual.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La clasificación de las especies en distintas categorías de alteración por digestión se realiza según el porcentaje de incisivos digeridos en relación al grado de digestión alcanzado, distinguiendo, 5 categorías.

- Categoría 1, compuesta por los predadores *Tyto alba*, *Asio flammeus* y *Nyctea scandiaca*. La digestión de estas rapaces afecta al 5-13% de los incisivos en grados generalmente ligeros.
- Categoría 2, comprendida por *Asio otus* y *Bubo lacteus* y *Strix nebulosa*. El porcentaje de incisivos afectados asciende al 20-30%, aunque frecuentemente en grados ligeros. Las concentraciones de *Asio otus* y *Bubo lacteus* presentan una característica restricción de la alteración en el extremo oclusal del incisivo que indica una elevada tasa de retención dentro del sus alvéolos.
- Categoría 3, donde se distinguen dos grupo de predadores:
  - Las rapaces, donde se incluye a *Bubo africanus*, *Bubo bubo*, *Strix aluco*, *Athene noctua*. El porcentaje de incisivos afectados por las rapaces oscila entre el 48 y el 73%, alcanzando grados de alteración moderados en el caso de *Bubo africanus* y *Bubo bubo* y fuertes en el caso de *Strix aluco* y *Athene noctua*.
  - Los vivérridos presentan un menor porcentaje de incisivos digeridos, entre el 35 y 40%, en grados moderados u, ocasionalmente, fuertes.
- Categoría 4, incluye a *Falco tinnunculus* y *Falco peregrinus*. El porcentaje de incisivos digeridos es del 60-80%, presentando grados de alteración fuertes y, frecuentemente, extremos.
- Categoría 5, donde se diferencia a dos grupos: las rapaces y los pequeños mamíferos carnívoros.
  - El grupo de las rapaces está compuesto por *Cyrcus cyaneus* y *Buteo buteo* que digieren la totalidad de los incisivos en grados extremos.
  - En el grupo de los pequeños carnívoros se encuentran los mustélidos y los cánidos. Los mustélidos presentan bajos porcentajes de incisivos digeridos (alrededor del 20%), aunque en grados de alteración comúnmente extremos. Por el contrario, los cánidos alcanzan grados de digestión muy altos y porcentajes de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

incisivos digeridos muy elevados, a excepción de *Otocyon megalotis*, que sólo altera un 20% de incisivos digeridos en grados ligeros.

De la misma manera que para los incisivos, la clasificación de las especies en las categorías se realiza teniendo en cuenta el porcentaje de molares digeridos y el grado de digestión alcanzado, diferenciando también 5 categorías:

- Categoría 1, donde se halla a *Tyto alba*, *Asio flammeus*, *Asio otus* y *Bubo lacteus*. El porcentaje de molares afectados es 0-3% y el grado de digestión más frecuente es el ligero.
- Categoría 2, compuesto por *Nyctea scandiaca*, *Bubo africanus* y *Strix nebulosa*. Estas rapaces alteran entre el 4 y el 6% de los molares, de forma mayoritariamente ligera.
- Categoría 3. Está formada por dos grandes grupos, las rapaces y los pequeños mamíferos carnívoros.
  - El grupo de las rapaces está compuesto por *Bubo bubo* y *Strix aluco*. Los porcentajes de alteración están entre el 11 y el 22% de los molares. El grado de digestión que alcanzan las concentraciones del *Strix aluco* suele ser el fuerte, mientras que las de *Bubo bubo* suele ser, generalmente, moderado, a pesar de que, ocasionalmente presente grados fuertes.
  - El grupo de los pequeños mamíferos carnívoros está compuesto por los vivérridos y por *Otocyon megalotis*. Éstos animales alteran cerca del 25% de los molares en grados moderados o fuertes.
- Categoría 4, donde se encuentra *Athene noctua*, *Falco tinnunculus* y *F. peregrinus*. La tasa de molares afectados por digestión se sitúa alrededor del 50-70%, alcanzando grados fuertes y extremos.
- Categoría 5, está comprendida por dos grandes grupos: las rapaces y los pequeños mamíferos carnívoros.
  - Entre las rapaces se encuentran *Circus cyaneus*, *Buteo buteo* y *Milvus milvus*. *B. buteo* y *M. milvus*. Sus concentraciones presentan el 100% de los incisivos digeridos en grados extremos. Sin embargo *C. cyaneus*, puede alterar porcentajes menores de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

molares, alrededor del 70%, aunque alcanza grados extremos, lo que sitúa a esta rapaz en la categoría 5.

- Pequeños mamíferos carnívoros: se distingue entre los mustélidos y los cánidos. Las concentraciones de los mustélidos presentan un bajo porcentaje de molares con digestión (25%), aunque el grado alcanzado es extremo, razón por la cual se sitúa en la categoría 5. Los cánidos alteran el 24-70% de los molares en grados extremos, a excepción de *Otocyon megalotis*, que altera de forma similar a los predadores de categoría 3.

A modo de resumen se realiza una clasificación general de los predadores en base a los datos resultantes del estudio de Andrews (1990) sobre predadores actuales (Tabla 4.18).

Resumen de la distribución de predadores en las categorías D_I y D_M

Rango		Grado digestión alcanzado	Categoría D_I y D_M	Especies
Incisivos	Molares			
8-13%	0-3%	Ligero	1	*Tyto alba*, *Asio otus*, *Asio flammeus* y *Bubo lacteus*
20-30%	4-6%	Ligero	2	*Nyctea scandiaca*, *Bubo africanus*, y *Strix nebulosa*
50-70%	18-22%	Moderado-fuerte	3	*Bubo bubo*, *Strix aluco*, *Otocyon megalotis*, *Genetta genetta* y *Ichneumia albicauda*
60-80%	50-70%	Fuerte-extremo	4	*Athene noctua*, *Falco tinnunculus*, y *Martes martes*
100%	50-100%	Extremo	5	*Circus cyaneus*, *Vulpes vulpes*, *Alopex lagopus* y *Canis latrans*.

Tabla 4.18. Resumen de la distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de digestión de incisivos (D_I) y de molares (D_M). Para esta clasificación se tiene en cuenta el porcentaje y el grado de digestión alcanzado. Los datos se extraen de Andrews (1990).

La clasificación de las especies según el grado de digestión de los restos postcraneales se realiza teniendo en cuenta el porcentaje de restos alterados frente a los no alterados, es decir, se considera la frecuencia de la alteración y no el grado de alteración presente, como sucede con los dientes. La siguiente clasificación sigue los datos resultantes del estudio de Andrews (1990) sobre egagrópilas y excrementos actuales (Tabla 4.19).

En el estudio de la digestión de los elementos fósiles y actuales de esta Tesis, no se han contabilizado los restos que presentan fracturas que no permitan identificar

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

si ha habido digestión antes de la rotura (bien por la situación de la fractura o bien por grado de alteración). Estos elementos consideran nulos.

Distribución de predadores en categorías D_p		
Rango	Especies	Categoría D_p
6-20%	*Tyto alba*, *Asio flammeus*, *Nyctea scandiaca*, *Bubo lacteus*, *Strix nebulosa* y *Asio otus*	1
25-50%	*Bubo bubo*, *Bubo africanus* y *Strix aluco*	2
60-100%	*Athene noctua*, *Falco tinnunculus* y *Circus cyaneus*	3
-	-	4
100%	*Genetta genetta*, *Ichneumia albicauda*, *Vulpes vulpes*, *Martes martes*, *Alopex lagopus*, *Canis latrans* y *Otocyon megalotis*	5

Tabla 4.19. Distribución de las especies de predadores de micromamíferos en las diferentes categorías de digestión de elementos postcraneales (D_p). La clasificación se realiza según el porcentaje de restos postcraneales alterados por digestión. Datos extraídos de Andrews (1990).

4.1.4. Clasificación general de los predadores según el grado de alteración mayoritario

Como hemos visto, los rasgos de alteración considerados hasta el momento permiten establecer 5 categorías de alteración que permiten clasificar, a la vez que caracterizar, los predadores estudiados actualmente. La asignación de cada especie en una de las 5 categorías de modificación se establece en base a la categoría observada con más frecuencia para cada predador respecto a las siguientes variables: representación/pérdida de elementos anatómicos, proporciones postcraneal/craneal, rotura del esqueleto postcraneal, rotura en mandíbulas, rotura en maxilares, dientes aislados, rotura en dientes, digestión en incisivos, digestión en molares, digestión en postcraneal (Tabla 4.20). No se debe olvidar que dicha clasificación se basa en los conocimientos adquiridos a través de la observación de las alteraciones ejercidas por predadores modernos sobre restos actuales.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

	Categoría 1 o modificación ligera	Categoría 2 o modificación intermedia	Categoría 3 o modificación moderada	Categoría 4 o modificación fuerte	Categoría 5 o modificación extrema.
Elementos esqueléticos	*Tyto alba, N. scandiaca, A. otus, A. flammeus, B. lacteus, S. nebulosa*	*B. africanus, B. bubo*	*S. aluco, Athene noctua*	*F. tinnunculus, Circus cyaneus*	Pequeños mamíferos carnívoros
Pc/c	*Tyto alba, A. otus, A. flammeus, B. bubo, S. nebulosa, Otocion megalotis, M.martes*	*S. aluco, B. lacteus, B. africanus, F. tinnunculus, G. genetta*	*Circus cyaneus, Alopex.*	*N. scandiaca, Athene noctua, Ichneumia albicauda, Canis latrans, Alopex/Vulpes*	
Pérdida element. Distales de pc	*Tyto alba, N. scandiaca, A. otus, B. lacteus, S. aluco*	*A. flammeus, B. bubo, S. nebulosa, Alopex, Canis latrans*	*Athene noctua, F. tinnunculus*	*B. africanus, Circus cyaneus, Alopex/Vulpes*	*M.martes, , Ichneumia albicauda, G. genetta, Otocion megalotis*
Rotura element. Postcraneal.	*Tyto alba, A. otus, A. flammeus, S. nebulosa, B. lacteus*	*N. scandiaca, B. bubo*	*S. aluco, B. africanus*	*Athene noctua, F. tinnunculus, Circus cyaneus, Ichneumia albicauda, M.martes, Otocion megalotis*	*Canis latrans, Alopex/Vulpes, M.martes*
Rotura del maxilar (y cráneo)	*Tyto alba, N. scandiaca, A. otus, B. lacteus, S. nebulosa*	*A. flammeus, B. africanus, S. aluco, B. bubo*	*Athene noctua, F. tinnunculus, Circus cyaneus*		pequeños mamíferos carnívoros
Pérdida mdel arco cigomático	*Tyto alba, A. otus, N. scandiaca, B. lacteus, S. nebulosa*	*B. africanus, B. bubo, S. aluco*	*A. flammeus, F. tinnunculus, Circus cyaneus, Ichneumia albicauda, G. genetta, Otocion megalotis Canis latrans*	*Athene noctua, Alopex/Vulpes, M.martes*	
Pérdida de dientes en mx	*Tyto alba, A. otus, N. scandiaca, B. lacteus*	*S. nebulosa, S. aluco*	*A. flammeus, B. bubo, B. africanus, Otocion megalotis, Canis latrans*	*Athene noctua, F. tinnunculus, Circus cyaneus, G. genetta, Ichneumia albicauda, Alopex/Vulpes, M.martes*	
Rotura de mandíbulas	*Tyto alba, A. otus, B.lacteus, S. nebulosa*	*N. scandiaca, A. flammeus, B. bubo, S. aluco*	*B. africanus, F. tinnunculus, Circus cyaneus*	*Athene noctua*, pequeños mamíferos carnívoros	
Pérdida de dientes en md	*Tyto alba, N. scandiaca, A. otus, A. flammeus, B. bubo, S. nebulosa*	*B. lacteus, B. africanus, S. aluco*	*Athene noctua, F. tinnunculus, Canis latrans, Alopex, M.martes*	*Circus cyaneus, Ichneumia albicauda, G. genetta, Otocion megalotis, Alopex/Vulpes*	
Dientes aislados	*Tyto alba, N. scandiaca, A. otus, A. flammeus, B.lacteus, B. africanus, B. bubo*	*S. nebulosa, Ichneumia albicauda, Canis latrans*	*S. aluco, Athene noctua, Otocion megalotis*	*F. tinnunculus, G. genetta, Alopex/Vulpes, M.martes*	*Circus cyaneus, Alopex*
Rotura de dientes	*Tyto alba, N. scandiaca, A. otus, S. nebulosa*	*A. flammeus, B. lacteus, B. africanus, Athene noctua*	*B. bubo, S. aluco*	*F. tinnunculus, Circus cyaneus*	pequeños mamíferos carnívoros
Digestión en molares	*Tyto alba, A. otus, A. flammeus, B. lacteus*	*N. scandiaca, B. africanus, S. nebulosa*	*B. bubo, S. aluco, Otocion megalotis, Ichneumia albicauda, G. genetta*	*Athene noctua, F. tinnunculus, M.martes*	*Circus cyaneus, Canis latrans, Alopex/Vulpes*
Digestión en incisivos	*Tyto alba, A. flammeus, N. scandiaca*	*A. otus, B. lacteus, S. nebulosa. Otocion megalotis*	*B. bubo, B. africanus, S. aluco, Athene noctua, M.martes, Ichneumia albicauda*	*F. tinnunculus*	*Circus cyaneus, Canis latrans, Alopex/Vulpes*
Digestión en postcraneal	*Tyto alba, N. scandiaca, A. flammeus, A. otus, B. lacteus, S. nebulosa*	*B. bubo, B. africanus, S. aluco*	*Athene noctua, F. tinnunculus, Circus cyaneus*		pequeños mamíferos carnívoros

Tabla 4.20. Clasificación de los predadores en categorías de modificación según las alteraciones observadas en cada característica estudiada. Modificado de Andrews (1990).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A modo de resumen de la tabla anterior Andrews (1990) realiza la siguiente figura (Figura 4.9).

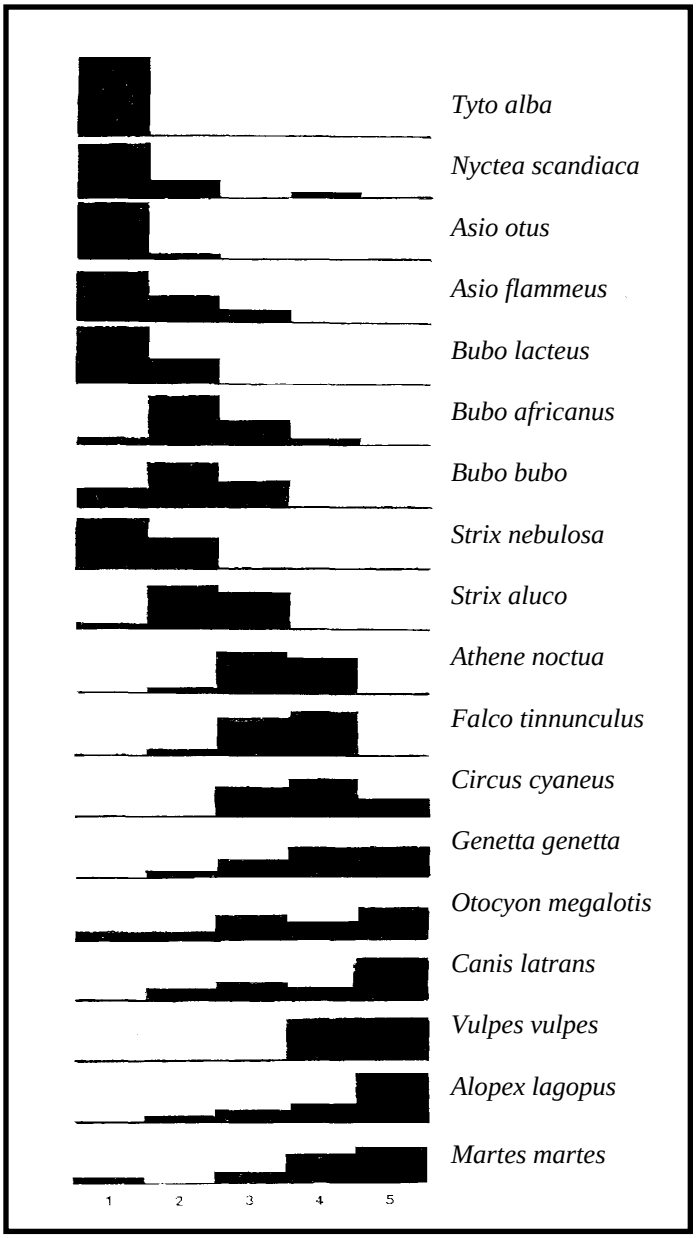

Figura 4.9. Sumario de las categorías de predadores. En esta clasificación se encuadra cada predador en una de las 5 categorías de modificación de restos [Ligera (1), intermedia (2), moderada (3), fuerte (4) y extrema (5)] Modificado de Andrews (1990).

De esta manera, la clasificación final y general de los predadores en las diferentes categorías de alteración sería la siguiente:

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

- **Categoría 1** o **modificación ligera**: *Tyto alba, Nyctea scandiaca*, *Asio otus*, *Asio flammeus*, *Bubo lacteus*, *Strix nebulosa*.
- **Categoría 2** o **modificación intermedia**: *Bubo africanus, Bubo bubo, Strix aluco*.
- **Categoría 3** o **modificación moderada**: *Athene noctua*, *Falco tinnunculus*, *Falco peregrinus* y las diferentes especies de águilas.
- **Categoría 4** o **modificación fuerte**: *Circus cyaneus*, *Genetta genetta*, *Otocyon megalotis*, mangostas y buitres.
- **Categoría 5** o **modificación extrema**: *Canis latrans*, *Vulpes vulpes*, *Alopex lagopus, Martes martes*, turones y hurones, armiños y felinos.

A pesar de esta clasificación general de las especies predadores de micromamíferos por grados de alteración, se debe recordar que existen distintas particularidades biológicas y etológicas en los predadores estudiados. Como se ha apuntado anteriormente, estas particularidades producen variabilidad en las modificaciones de los diferentes predadores a nivel de grupo, especie e incluso en las asociaciones producidas por un mismo individuo.

4.1.5. Otras alteraciones: las mordeduras

A la metodología tradicionalmente utilizada para el estudio de la tafonomía de micromamíferos se ha introducido un apartado especial relacionado con las mordeduras. Generalmente es difícil observar picotazos o mordeduras en conjuntos de microvertebrados relacionados con la intervención de rapaces o pequeños mamíferos carnívoros. En el caso de restos fósiles, la identificación de este tipo de alteración es muy esporádica y para su estudio no se utiliza ningún método específico.

De todas formas, en esta Tesis se realiza un breve resumen de la metodología utilizada en el estudio de las mordeduras en restos de macrovertebrados dada la presencia de esta alteración en el conjunto estudiado. Concretamente se registra una mordedura en un húmero de *Talpa* cf. *europaea* de TE9a (capítulo 9).

Diferentes predadores producen mordeduras con distinta morfología en los huesos mientras cazan o consumen las carcasas animales. Durante las tres últimas

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

décadas varios autores han identificado distintos tipos de mordeduras (Binford, 1981; Blumenschine y Selvaggio, 1988; Bunn, 1981; Haynes, 1980; 1983; Maguire *et al*., 1980; Potts y Shipman, 1981; Shipman, 1981; Stiner, 1994). Cada tipo de huella descrita se caracteriza por presentar una morfología propia, si bien, dependiendo del número de marcas, de su localización o de su finalidad pueden agruparse bajo una nomenclatura concreta.

- Los surcos son huellas producidas por el arrastre de los molares al desgarrar la musculatura. Son estrías de longitud, anchura y profundidad variables que presentan un fondo rugoso, áspero e irregular.

- Las depresiones se originan mediante la presión ejercida por las cúspides de los molares que acaban colapsando la superficie ósea. Éstas pueden ser circulares o presentar una morfología más ovalada. En ocasiones, el tejido cortical permanece hundido en el interior de la depresión, mientras que en otras no se conserva, presentando un fondo irregular.

- Las improntas corresponden a las huellas dejadas por más de una cúspide de un mismo molar o de una serie dentaria.

- El vaciado consiste en el mordisqueo intenso de las epífisis para eliminarlas, parcial o totalmente, hasta acceder al interior de la diáfisis y consumir la médula.

Además de las mordeduras, existen otras alteraciones asociadas a la acción de las enzimas salivares, como el redondeamiento o pulido de las áreas que están siendo intervenidas, y asociadas al mordisqueo o *pitting* (Binford, 1981), como pequeñas depresiones de poca profundidad.

Según Haynes (1983) distintos predadores pueden producir mordeduras similares. Por esa razón la mayoría de los autores coinciden en basarse, además en las dimensiones de las mordeduras, en otras características de los restos alterados, como la representación esquelética de la presa, los elementos intervenidos y las zonas mordidas. Otras de las consideraciones a tener en cuenta son: el tipo de predador y sus hábitos, el número de predadores que interviene sobre un mismo cadáver y las características de la presa sobre la que se interviene (tamaño, edad y elementos esqueléticos).

Algunos investigadores advierten que las diferencias que se observan en los distintos tipos de marcas de dientes se deben a las características del hueso, su

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

densidad, compactación, diáfisis o epífisis en la que se aplica la fuerza estática de la mandíbula (Capaldo, 1997). Estos factores dan lugar a que mordeduras producidas por predadores de tamaños distintos puedan tener dimensiones similares. Así, en el experimento desarrollado por Selvaggio y Wilder (2001), se indica que las perforaciones producidas por guepardos en epífisis son similares a las producidas por leones o hienas en diáfisis. Al mismo tiempo, estos autores establecen que las mordeduras producidas por leones y por hienas son similares en epífisis, si bien hay que destacar que esta parte anatómica tiende a ser totalmente consumida por las hienas (Blumenschine, 1988; Marean *et al.*, 1992; Selvaggio, 1994). Así pues es imprescindible considerar el área donde se halla la mordedura y de qué tipo de huella se trata en el momento de identificar al predador autor de la alteración.

En esta Tesis se ha utilizado la metodología de Andrews y Fernández-Jalvo (1997) completada por Díez y colaboradores (1999), en la que se consideran diferentes aspectos como elemento esquelético, el tipo de mordedura (surco, depresión, impronta, vaciado), su localización (diáfisis, epífisis, borde anatómico, borde de fractura, etc) y las dimensiones (anchuras mínimas) de cada huella. Estos datos se agrupan bajo una serie de categorías que permiten extraer unos rangos de dimensiones por elemento esquelético, lo que nos ayuda a reconocer el tipo de carnívoro o carnívoros que han intervenido sobre un conjunto fósil. Así, estos autores identifican ocho tipos de mordedura:

- **TIPO A:** Depresiones situadas en la diáfisis y nunca en extremos articulares o rotos.
- **TIPO B:** Surcos en diáfisis, pero no en extremos articulares o rotos
- **TIPO C:** Mordeduras en epífisis y articulación
- **TIPO D:** Mordeduras en fractura espiral
- **TIPO E:** Mordeduras en fractura transversal
- **TIPO F:** Mordeduras en fractura longitudinal
- **TIPO G:** Improntas formadas por un mismo diente o serie dental
- **TIPO H:** Mordeduras en extremos intactos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.2. Alteraciones postdeposicionales

Cuando los restos de micromamíferos, albergados en la egagrópila o excremento, se depositan sobre el sustrato, se convierten en elementos de producción biogénica de su predador. Es decir, su producción se debe a la actividad biológica de otro individuo y no precisa de la muerte del mismo, sino, en este caso, de sus presas. Si estos restos producidos consiguen convertirse en una asociación conservada y registrada, aportarán información relacionada con la presa (micromamíferos) y con el predador (a través de la identificación del predador).

Para convertirse en una asociación conservada, los restos de micromamíferos deben perdurar, ya sobre el sustrato, a una serie de agentes de alteración. Éstos, son comunes al resto de elementos depositados y pueden tener un carácter y origen muy variado. Se dividen en dos grandes grupos: agentes de alteración que afectan a los restos antes del enterramiento (biostratinómicos) y agentes de alteración que afectan a los restos con posterioridad al enterramiento (fosildiagenéticos). A pesar de esta separación, en ocasiones, es difícil diferenciar el momento en el que algunos agentes alteran la superficie de un resto (como es el caso, por ejemplo, del pisoteo). En esta Tesis se describirán los agentes según su aparición más común o frecuente, aunque debe tenerse en cuenta dicha variabilidad.

Hasta la actualidad los estudios sobre alteraciones de origen postdeposicional en los restos de micromamíferos son escasos, suponiendo una limitación para la identificación y la secuenciación de los agentes bioestratinómicos y fosildiagenéticos. Así, gran parte de las modificaciones descritas a continuación están estudiadas, básicamente, en elementos pertenecientes al grupo de los macrovertebrados. Sin embargo, y de forma excepcional, existen datos de determinados agentes y mecanismos de alteración sobre restos de micromamíferos, por lo que han podido ser incluidos en su descripción.

4.2.1. Alteraciones anteriores al enterramiento

En este apartado se tratan las alteraciones ocurridas entre el periodo de acumulación y de enterramiento de los restos. Generalmente abarca un amplio periodo de tiempo en el que los restos están sujetos a una serie de agentes tafonómicos de carácter bioestratinómico. Todos los agentes postdeposicionales que se describen a continuación son agentes de alteración de carácter físico-químico con la capacidad de modificar la superficie del resto, y en ocasiones, de destruirlo.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.2.1.1. Descomposición y dispersión

La pérdida de tejidos blandos de un cuerpo hasta quedar reducido al esqueleto es un proceso conocido como esqueletonización (Lyman, 1994). Ello implica el proceso de desarticulación y descomposición. La desarticulación consiste en la separación de los elementos esqueléticos de las entidades biológicas, implicando la pérdida de integridad anatómica en un esqueleto (Hill, 1979).

La descomposición se refiere a la pérdida de tejidos blandos por causas naturales como el desarrollo de la actividad de enzimas, bacterias (autóctonas o alóctonas), hongos o insectos. La actividad de estos microorganismos se inicia a los pocos días de la muerte del individuo, provocando una fase de fermentación microbiana en la que se generan gases que conllevan a la descomposición y putrefacción de los tejidos (Allison y Briggs, 1991).

Esta actividad también puede reflejarse en el tejido óseo. Yoshino y colaboradores (1991) hallaron bacterias en los canales Haversianos a los 5 años después de la muerte, aunque en ocasiones, puede observarse la actividad microbacteriana tras 3 meses (Bell *et al.*, 1996; en Jans *et al*., 2004). Los factores más importantes a tener en cuenta en el proceso de descomposición por microorganismos son la alcalinidad o acidez del suelo, la interacción entre microorganismos y la climatología (Child, 1995a, 1995b). Sin embargo, algunos autores creen que esta alteración biológica no se limita a un único ambiente de enterramiento, sino que son adaptables a diversas condiciones (Jans *et al.*, 2004).

Los primeros trabajos experimentales sobre la desarticulación natural fueron los desarrollados por Toots en 1965 y Hill en 1979. En el trabajo de Hill (1979) se establece una detallada secuencia de desarticulación con el esqueleto de un antílope (*Damaliscus korrigum*) que se inicia con la desunión de los segmentos apendiculares y el cráneo, y finaliza con la separación de las vértebras. Posteriormente, esta secuencia de desarticulación fue observada con características muy similares por otros autores (Hill y Behrensmeyer, 1985; Lyman, 1989). Se considera que los factores que condicionan el tiempo de desarticulación son la situación del animal (al aire libre o enterrado, si se encuentra expuesto a la superficie o en agua), el número de individuos (Tood, 1983, en Lyman, 1994), el tipo de hueso y la densidad del mismo, el tipo de articulación, la cantidad de músculo, grasa, sangre, médula, etc. (Blasco, 1992), así como los condicionantes externos como el clima (Micozzi, 1991).

Tal y como se ha señalado anteriormente, ambos procesos, desarticulación y descomposición están muy ligados a la actividad microbacteriana. Los responsables

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

de esta actividad son los hongos (Marchiafava *et al*., 1974), las bacterias (Hackett, 1981; Baud y Lacotte, 1984; Jackes *et al.*, 2001) o las cianobacterias, en el caso de ambientes acuáticos (Bell *et al.,* 1991). Este proceso bioerosivo, derivado de la actividad de los microorganismos del medio ambiente, implica una destrucción histológica y el incremento de la porosidad de los tejidos, formando parte de la diagénesis del hueso (Nicholson, 1998; Nielsen–Marsh y Hedges, 2000; Trueman y Martill, 2002; Turner-Walker *et al*., 2002).

Las alteraciones resultantes de la actividad de hongos y bacterias puede diferenciarse en los restos óseos mediante histologías, por su morfología, talla, sección o por cambios en la mineralización (Jans *et al.*, 2004).

Wedl fue el primero, en 1864, en describir el ataque microbacteriano en tejido mineral. Describió la presencia de pequeños túneles de aproximadamente unas 8 μm de diámetro en secciones de dientes expuestos a aguas no tratadas y en dientes fósiles de reptiles. Este tipo de túneles se conocen como túneles Wedl, correspondiéndose con los llamados túneles centrífugos por Hackett (Hackett, 1981). Éstos se detectan en lagunas de osteocitos observadas en secciones de tejidos óseos mediante técnicas de microscopia electrónica. Los túneles, de entre 5 y 10 μm de diámetro, poseen paredes y bordes bien definidos, lo que se relaciona con la absorción del colágeno y los minerales por los hongos (Jans *et al.*, 2004). Sin embargo, investigaciones recientes suponen que este tipo de alteraciones están más relacionadas con el ataque inicial de cianobacterias (Turner-Walker y Jans 2008).

Hackett (1981) define otros tipos de perforaciones además de los túneles Wedl, teniendo en cuenta su morfología. Así, describe perforaciones longitudinales, en forma de brotes o túneles *budded*, y laminados, todas ellas relacionadas, generalmente, con la acción de bacterias (Hackett, 1981). Este estudio morfológico se completa con la aportación de Jans y colaboradores (2004) quienes observaron, mediante la aplicación del HgIP (mercury intrusión porosimetry), que los tipos de perforaciones más comunes en las alteraciones por bacterias son los lineales–longitudinales y los llamados túneles en forma de brotes (*budded* tunnelling). Sin embargo, concluyeron que los túneles Wedl, mayoritariamente asociados con túneles longitudinales, estarían, posiblemente causados por la acción de hongos.

Recientemente Turner y colaboradores (2002; 2008) han descrito dos categorías diferentes de modificación producidas por las bacterias: zonas de tejido desmineralizado con perforaciones circulares y zonas de incremento mineral con perforaciones circulares. En ambos casos, las zonas alteradas presentan frecuentemente una frontera o *"manguito"* hipermineralizado a modo de límite. La

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

mayoría de las perforaciones en estas regiones alteradas poseen un diámetro de entre los 300-500 nm, mientras que también existen pequeñas perforaciones de entre 800 nm y 1,2 μm (Turner-Walker *et al*., 2002). El grado en que progresa la desmineralización es muy variada, presentando en ocasiones zonas de coalescencia de la porosidad creando grandes agujeros de 15-20 μm de diámetro (Turner-Walker y Jans, 2008).

En el caso de los restos de microvertebrados procedentes de egagrópilas la pérdida de los tejidos blandos es el resultado directo de la predación. El predador origina la pérdida total de tejidos blandos y gran parte de la desarticulación de los restos durante la ingestión o digestión de la presa. Sin embargo, la descomposición de la egagrópila, implicando la pérdida de los componentes biológicos que la forman (pelo, plumas, etc.), es un proceso comparable a la descomposición de los tejidos blandos asociados al hueso, puesto que intervienen en ella diversos microorganismos. Levinson (1982) estudia diversas egagrópilas de lechuza procedentes de Makapansgat Valley (Sudáfrica) y observa que los primeros microorganismos que acceden a las egagrópilas son las bacterias y los hongos. Entre las bacterias nombra a *Bacillus cerus*, *Staphylococcus epidermis*, *Streptococcus faecalis*, *Scherichia coli*, *Clostridium welchi* y *Clostridium* sp. Entre los hongos más comunes destaca *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus sparsus*, *Hyphomycete* sp., *Sterile hypae* y *Dematiaceocous fungus*.

En segundo lugar acceden a las egagrópilas los insectos (larvas y adultos), quienes aceleran el proceso de disgregación. Se hallan presentes coleópteros polífagos (familias Erotylidae, Trogidae, Scarabaeidae, Dermestidae, Ptiniidae y Cleridae), así como lepidópteros (familia Tineidae) e himenópteros apócritos (familias Ichneumonidae y Chalcidoidea). Además se identifica algún ejemplar de Pseudoscorpion entre los invertebrados (Levinson, 1982). Sin embargo, el tipo de modificación que pueden producir estos microorganismos en los restos óseos y dentales alojados en regurgitaciones así como el alcance de la alteración son aspectos hasta el momento no estudiados.

En restos actuales de macromamíferos se han detectado surcos en la superficie de los huesos realizados por comunidades vivas de termitas (Isoptera) (Behrensmeyer, 1978; Thorne y Kimsey, 1983; Tappen, 1994). Además de los isópteros, las fuertes mandíbulas de diversos insectos necrófagos del orden Coleoptera, como derméstidos y tenebriónidos, y del orden Lepidoptera, como las polillas, pueden alterar la superficie de los restos óseos y dentales (Kaiser, 2000).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Se han documentado alteraciones originadas por la intervención de derméstidos sobre restos de *Camptosaurus* del Jurásico superior de Wyoming (Estados Unidos de América) (Britt *et al.*, 2009), y de termitas en grandes mamíferos del Oligoceno de Detan (República Checa) (Fejfar y Kaiser, 2005) y del Plio-Pleistoceno de Laetoli (Tanzania) (Kaiser, 2000).

Fernández-Jalvo (1992) detectó sobre restos de macro y microvertebrados diferentes perforaciones que asoció a la acción de diferentes termitas y dípteros. Éstas perforaciones tienen morfología de cono truncado, con estriación divergente en los bordes o en la pared de la perforación. Afirmó que, a pesar de que en todos los fragmentos estudiados se hallaron perforaciones similares, existían algunas diferencias de tamaño y disposición sobre la superficie que podrían indicar la acción de especies distintas. Kaiser (2000) describió las alteraciones por insectos como unos surcos cortos, más o menos suaves, con sección en U. Los surcos aislados poseen entre 200 μm y 3 mm de longitud y entre 100 y 300 μm de anchura. Según la disposición de los surcos en el área alterada, diferenció tres tipos de marcas: en forma de estrella, amplia superficie de erosión y cavidades subcorticales en hueso compacto (Kaiser, 2000).

Además de las nombradas, existen otras especies de invertebrados, como las lombrices de tierra, que pueden producir bioturbación. Como resultado de este mecanismo también puede producirse la desarticulación, dispersión, y mezclas de elementos esqueléticos de micromamíferos (Armour-Chelu y Andrews, 1994).

En la descomposición de la egagrópila juega también un importante papel el tiempo de exposición subaérea y el clima donde se depositan (Fernández-Jalvo y Andrews, 2003), aunque existen pocas investigaciones experimentales dirigidas a secuenciar la descomposición. Una de las experiencias realizadas fue llevada a cabo por Andrews (1990) con egagrópilas de lechuza. Este autor afirmó que el tiempo de descomposición de las egagrópilas en condiciones naturales y expuestas a los agentes metereológicos es, aproximadamente, de 10 meses.

4.2.1.2. Alteraciones blancas por bacterias

En algunos restos de Sima del Elefante se ha detectado una alteración de la tinción original del resto. Estas tinciones en superficie son de color blanco y tienen los bordes más o menos definidos. Esta alteración aparece sobre hueso y dentina de los restos de microvertebrados.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Se ha podido observar dos estadios diferenciales de la alteración. En un primer estadio se aprecia una tinción de color blanco por debajo de la primera capa del hueso y la dentina. Es decir, la superficie mantiene su morfología original, carente de alguna modificación y tan sólo es visible la coloración blanquecina por debajo de ella. Hemos distinguido dos tipos de tinciones diferentes, las pequeñas ramificaciones, de bordes delimitados y que afectan a la mayor parte de los restos, y los puntos de coloración blanca, caracterizados por poseer los bordes difuminados o poco definidos (Figura 4.10).

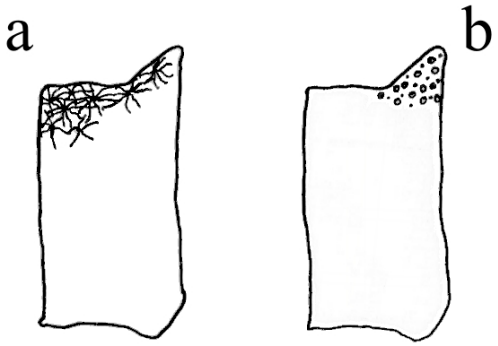

Figura 4.10. Tinciones de color blanco. Morfologías principales: **a**. Ramificaciones. **b**. Puntos.

En estadios más avanzados se advierte, a unos 50 aumentos, que la primera capa de hueso o dentina se descama o presenta unos pequeños surcos que siguen generalmente, la formación de las líneas de colágeno, dejando a la vista la alteración de color blanco en su interior. La superficie alterada presenta los bordes poco definidos y la morfología general recuerda los astillamientos poco profundos. En ocasiones, al observar el interior de esta alteración, se pueden diferenciar unos pequeños surcos superpuestos de entre 6 nm y 1,5 μm de diámetro. De forma hipotética, estos surcos podrían relacionarse con las colonias de las bacterias, si bien el pequeño tamaño de los restos ha dificultado, en muchos casos, la visualización, identificación y caracterización de estos surcos (Figura 4.11).

Tal y como se ha descrito anteriormente, el esmalte no presenta alteración de la superficie y, a pesar de que ocasionalmente puede presentar algunas manchas de color blanco (sólo en el interior, como en segundo plano), nunca aparece descamada. Hipotéticamente, las manchas que se pueden observar en el esmalte no corresponden a una alteración interna del mismo, sino a la alteración de la dentina.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

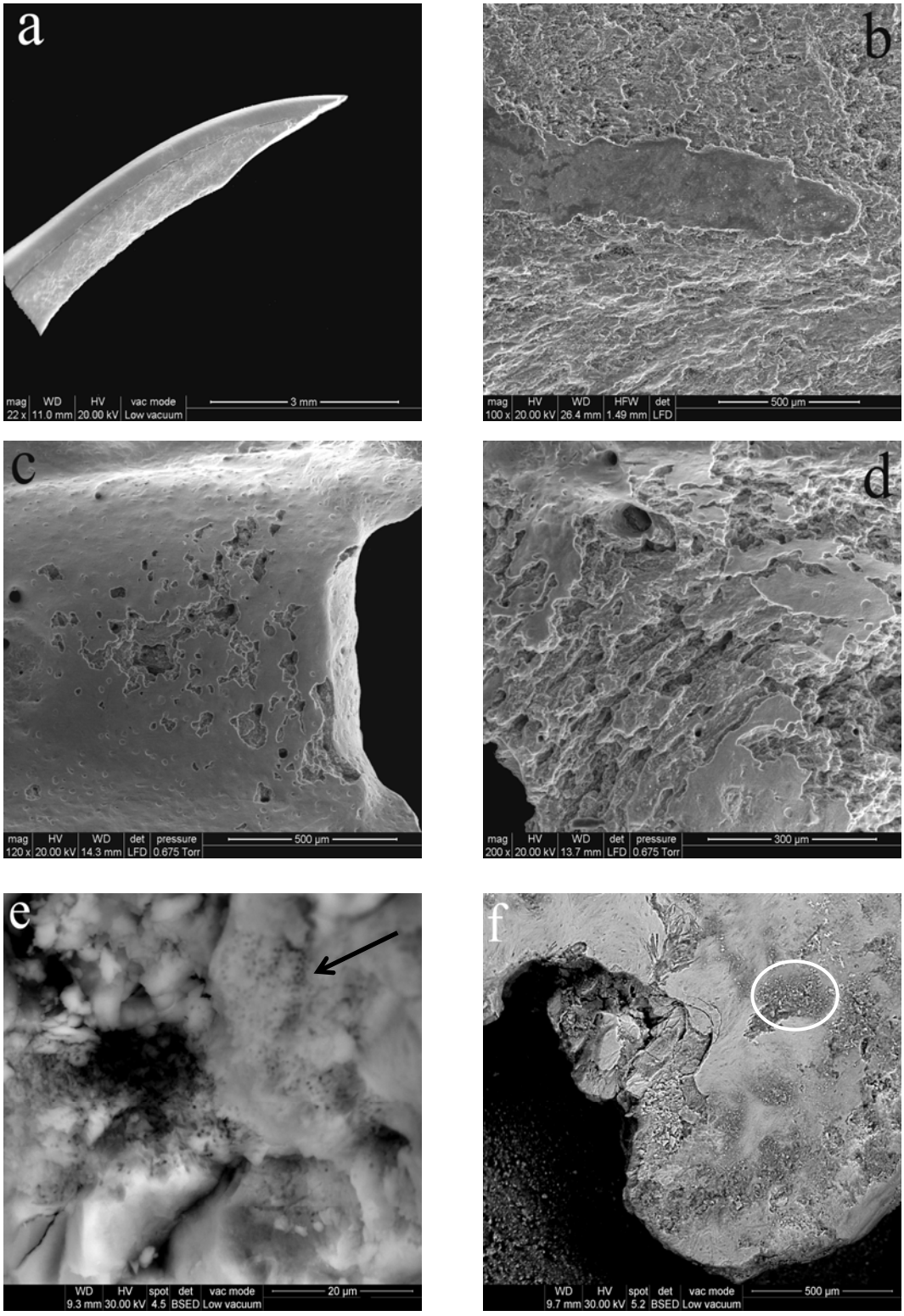

Figura 4. 11. Alteraciones blancas por bacterias. **a**. Se aprecia como la alteración afecta a la dentina y no al esmalte. **b**. Detalle de la desaparición del esmalte en un incisivo. Se puede apreciar, bajo la capa del esmalte, cambios de coloración. **c**. Alteración y descamación en hueso. **d**. Detalle de la pérdida del tejido óseo. **e**. Alteración en hueso. **f**. Modificación de la coloración superficial del resto en forma de pequeñas manchas (ejemplo: círculo blanco). Ver detalle en **g**.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

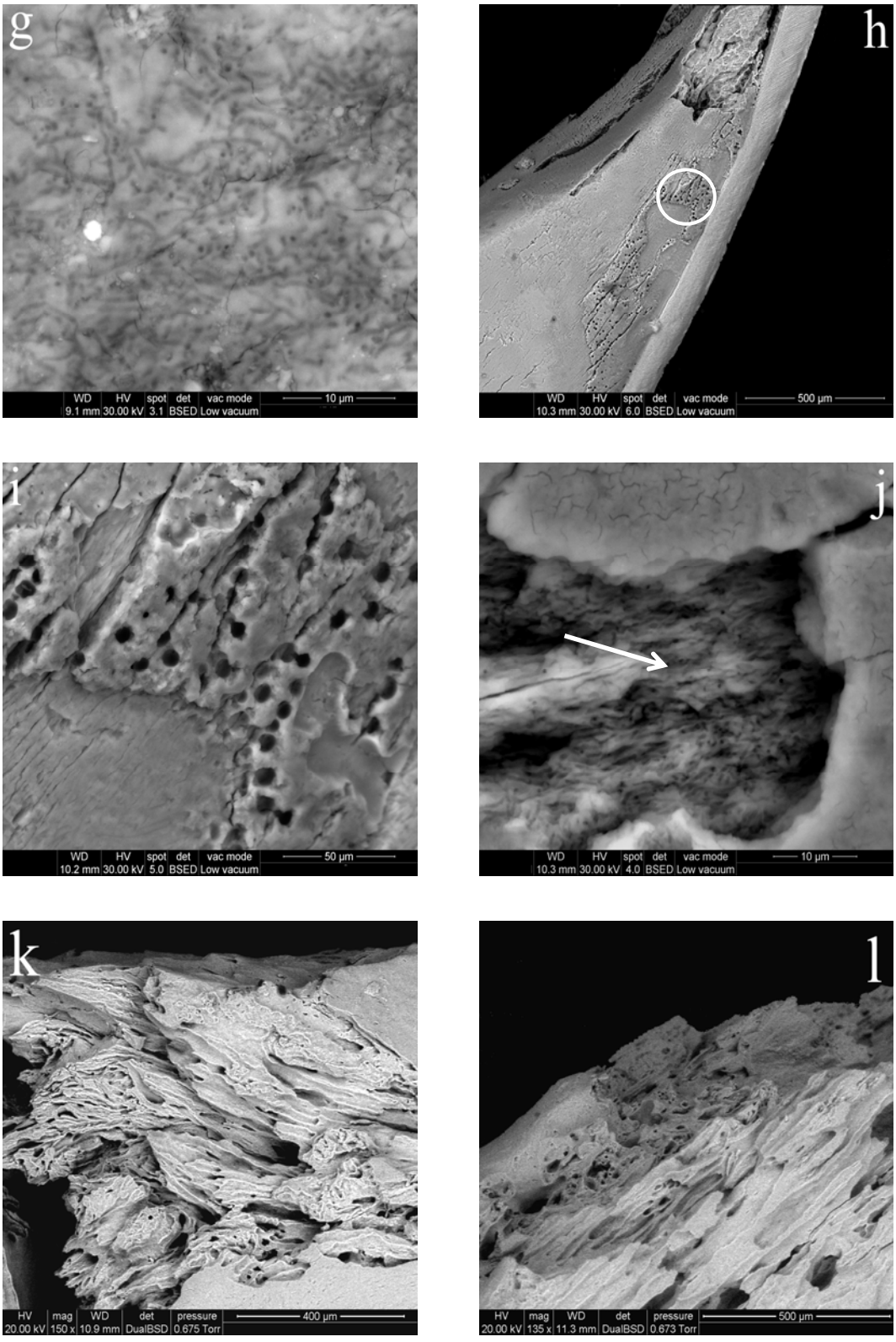

Figura 4.11. **g**. Detalle de la imagen **f**. Se aprecian pequeños surcos y túneles asociados a las colonias de bacterias. **h**. Incisivo con alteración en la dentina. **i**. Detalle del anterior. **j**. Detalle del interior de una de las perforaciones anteriores. Se observan minúsculas perforaciones en la dentina alterada. **k** y **l**. Alteración blanca en una rama mandibular, donde se detectan surcos y perforaciones.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

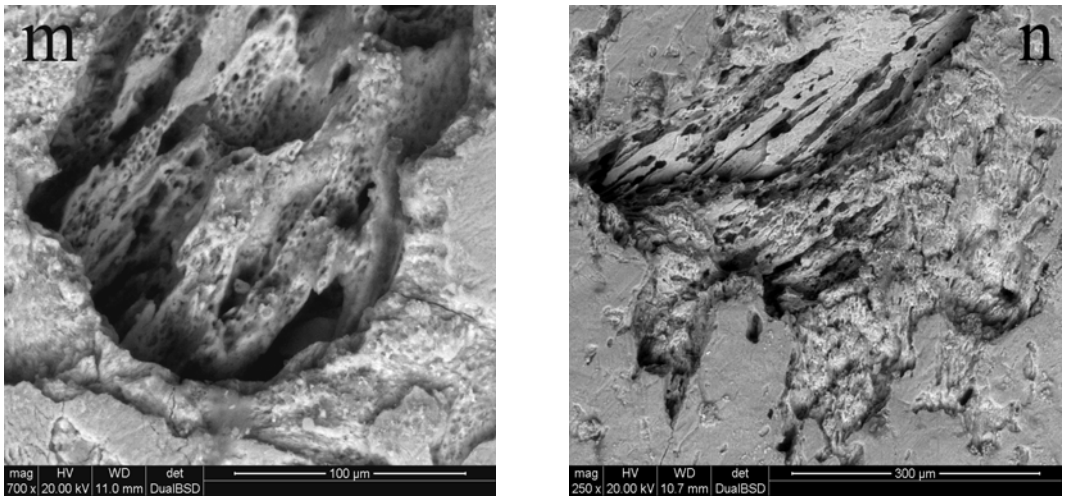

Figura 4.11. Alteraciones blancas por bacterias. **m** y **n**. Detalles del interior de una descamación en hueso alterado, donde aparecen pequeños surcos y perforaciones. (Fotos de **e-j**: Y. Fernández/MNCN-CSIC).

Si bien la morfología y la distribución de la alteración se asemejan a las realizadas por bacterias, las escasas ocasiones en las que ha podido ser relacionada con los surcos que caracterizan a las colonias, no permiten establecer una causalidad directa entre alteración y agente. Por ello, se ha preferido valorar también la posibilidad de que la coloración blanca se debiera a precipitaciones de carbonato cálcico.

Las alteraciones por precipitación de carbonatos cálcicos, también presentes en Sima del Elefante, se caracterizan por presentar pequeños depósitos o concreciones de color blanco adicionadas a la superficie del hueso, la dentina y el esmalte. En ocasiones, puede detectarse trasmisión de color entre la precipitación y el elemento, aunque siempre en superficie.

Con la finalidad de confirmar o refutar esta hipótesis se han realizado análisis de composición química de los restos. De esta manera, si existe una presencia mayoritaria de Ca en los espectros de las muestras alteradas, se podrá afirmar que la alteración se deba posiblemente a una precipitación de carbonato cálcico. Para realizar estos análisis se ha utilizado el espectrómetro de dispersión de energía (EDS) del microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM). Se han seleccionado diversas superficies de color blanco descubiertas tras la descamación y superficies no alteradas de 8 elementos postcraneales de roedores e insectívoros y 2 incisivos de roedor. Se han utilizado incisivos porque la dentina está más expuesta que en los molares. Como se observa en la figura 4.12, los resultados para el peso de los elementos de P y Ca del

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

hueso alterado no presentan valores sustancialmente diferentes al hueso no alterado. En cuanto a la dentina, los restos alterados presentan valores de P menores a los de la dentina no alterada, mientras que presentan valores similares de Ca. De este modo no es posible reafirmar que esta alteración esté relacionada con la precipitación de carbonatos cálcicos.

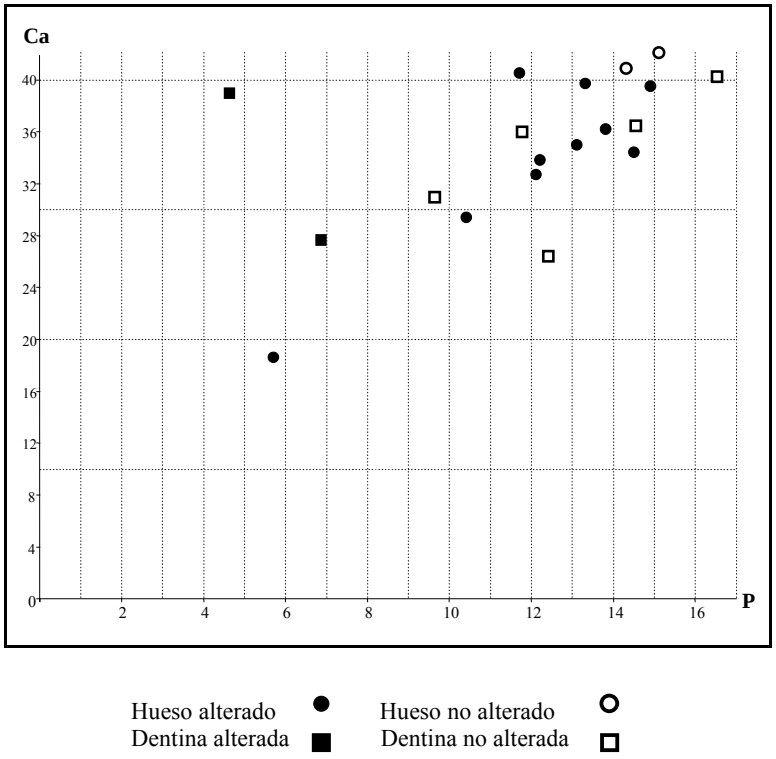

Figura 4.12. Diagrama de dispersión según el contenido en P y Ca de los restos alterados y no alterados por corrosiones blancas.

Según lo anteriormente expuesto, la morfología y distribución de la alteración por coloración blanca se asemeja a las descritas por la acción de bacterias.

La coloración blanca, que se presenta únicamente en la superficie de los microvertebrados, podría estar relacionada con el proceso de predación de estos taxones y con el posterior contacto con el nido. Éste se forma a partir de ramas, hojas, egagrópilas y otros desechos alimenticios, lo que favorece la aparición de parásitos y otros invertebrados. Actualmente, se ha observado que muchas rapaces poseen diversos nidos en el territorio y la rotación entre ellos podría relacionarse con el saneamiento del nido utilizado (Manzanares, 2003). Así, el abandono de las plataformas durante un tiempo favorece la desaparición de los diversos parásitos que proliferan, garantizando los niveles de salubridad requeridos para su posterior uso. De

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

este modo, se plantea de forma hipotética que las bacterias se podrían haber albergado en la egagrópila, parcial o totalmente cohesionada, durante su permanencia en el nido. No obstante se debe tener en cuenta que no se conoce el mecanismo de esta alteración, por lo que requiere de análisis y estudios más extensos en un futuro.

Esta alteración se ha contabilizado sobre la superficie del resto teniendo en cuenta la morfología y distribución de las coloraciones blancas y de la pérdida del tejido superficial de forma independiente. Como se ha descrito anteriormente, ha sido posible diferenciar dos morfologías básicas de la coloración blanca, las ramificaciones y los puntos. La distribución de la coloración puede ser aislada, si únicamente se encuentra en una pequeña porción del resto de forma bien definida. Se considera concentrada si se localiza en una porción del resto pero los bordes de las ramificaciones o puntos de coloración se desdibujan o superponen unos sobre otros. La distribución dispersa se refiere a la situación de esta alteración a lo largo del resto, aunque entre coloración y coloración es posible diferenciar zonas no alteradas. Además, en este caso, es posible observar los bordes bien definidos de las ramificaciones. Si, por lo contrario no es posible ver zonas no alteradas en la superficie y la coloración blanca es muy homogénea, se considera generalizada.

La pérdida del tejido óseo puede presentar también dos morfologías básicas: surcos o descamación. En ambos casos, se pueden encontrar en el borde, anatómico o de fractura, en la zona medial del resto o en ambos a la vez.

Por último, cabe destacar que durante el estudio de las muestras ha sido posible observar una relación de presencia y ausencia inversa entre esta alteración y la alteración por óxidos de manganeso. Esta relación se define a través de la:

- Aparición diferencial en los elementos: Generalmente, no suelen aparecer ambas alteraciones en un mismo elemento fósil.
- Distribución diferencial en la superficie: Cuando, excepcionalmente, ambas aparecen en un mismo resto, no existe superposición de estas alteraciones. Así, donde aparecen manchas de color blanco, no precipitan los óxidos de manganeso (Figura 4.13).
- Distribución porcentual inversa: en los niveles donde el porcentaje de las alteraciones blancas es muy alto, disminuye el porcentaje de alteración de los óxidos de manganeso, y viceversa.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

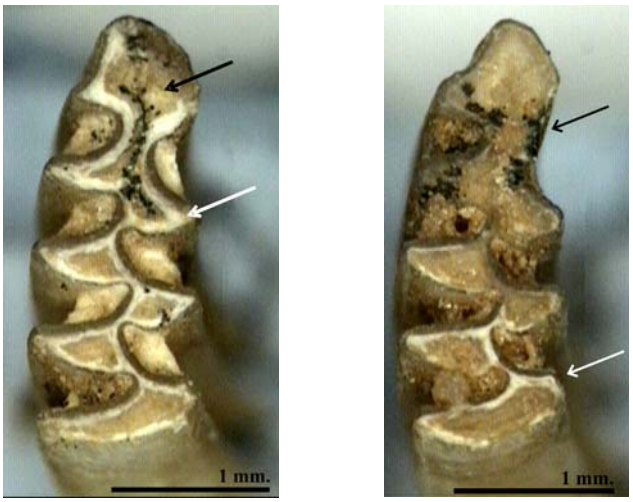

Figura 4.13. Molares de *Allophaiomys lavocati* del nivel 9 de Sima del Elefante en vista oclusal. Ambos molares presentan alteraciones por óxidos de manganeso y coloración blanca en la dentina, aunque mantienen una distribución diferencial en la superficie.

4.2.1.3. Meteorización

Behrensmeyer (1978) definió la meteorización, conocida también como exposición subaérea o *weathering*, como el proceso de separación y destrucción de los componentes microscópicos originales de los huesos (orgánicos e inorgánicos) resultantes de la acción de los agentes físicos y químicos en el hueso. Sin embargo, Andrews (1990) definió este proceso como el resultado sólo de los agentes metereológicos físicos (el sol, el viento, la lluvia) y los cambios de temperatura.

La alteración por meteorización se caracteriza por la presencia de agrietamientos, astillamientos y exfoliaciones corticales en la superficie ósea y dental (Behrensmeyer, 1978; Andrews, 1990; Fernández Jalvo *et al.*, 2002).

Esta alteración ha sido sujeto de varios estudios tafonómicos. Así, por ejemplo, Bower y colaboradores (1985) profundizaron en la relación existente entre los efectos de la meteorización y la talla del resto óseo, intentando explicar y controlar las diferentes variables que pueden intervenir en la meteorización; Potts (1986) estudió, mediante la aplicación del método de Behrensmeyer (1978), los efectos de la meteorización sobre los restos de Plio-Pleistoceno de Olduvai Gorge, concluyendo que el tiempo de exposición estimada es de entre 5-10 años.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Cabe destacar la importancia de la sistemática descrita por Behrensmeyer en 1978. Esta autora definió la alteración, argumentó 6 grados o estadios y describió los condicionantes a los que está sujeta. También presentó una categorización descriptiva de la meteorización basada en la observación sistemática de 35 carcasas actuales de macromamíferos expuestas en diferentes microambientes en Amboseli Park (Amboseli, Kenia). Como resultado, describió los siguientes grados de alteración por meteorización, desde un punto de vista evolutivo en el tiempo (Tabla 4.21):

Estadios de meteorización en macromamíferos

Estadio	Años	Modificación
0	0-1	No hay muestras de alteración. El fragmento puede poseer restos de tejidos y grasa.
1	0-3	Las diáfisis presentan agrietamientos longitudinales. Las articulaciones pueden presentar agrietamientos en forma de mosaico. Generalmente, el hueso presenta restos de tejidos.
2	2-6	El hueso presenta, en zona de diáfisis, exfoliación asociada a agrietamientos y pérdida de cortical. Los bordes de fractura son angulares. Pueden quedar algunos restos de tejidos.
3	4-15	Textura fibrosa localizada o generalizada. La meteorización penetra entre 1 y 1,5mm. Los bordes de fractura son redondeados. Ya no aparecen tejidos.
4	6-15	Textura fibrosa o muy fibrosa generalizada con desprendimiento de astillas. La meteorización profundiza a más de 1'5mm.
5	6-15	Destrucción de la estructura ósea *in situ*, produciendo grandes astillas.

Tabla 4.21. Estadios de meteorización descritos por Behrensmeyer (1978) según los restos de macromamíferos expuestos en Amboseli Park (Kenia).

En su estudio observó los efectos de la meteorización en relación con las características de los diferentes microambientes del gran ecosistema de Amboseli y las propiedades del suelo, como el pH, la temperatura y la humedad, considerados por la autora como variables potenciales de esta alteración.

Sin embargo, aunque el trabajo de Behrensmeyer (1978) fue pionero en las investigaciones sobre alteraciones debidas a agentes meteorológicos, existen algunas puntualizaciones a realizar.

Por un lado, no se tienen en cuenta los efectos producidos por los rayos ultravioletas emitidos sobre los restos óseos. Tappen (1994) observó los diferentes grados de meteorización de los restos en la sabana de Virunga Park y en el bosque de Ituri (ambos en la República Democrática del Congo). Reparó que los estadios de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

meteorización y tiempo de exposición de los restos en Virunga Park se asemejaban a los estadios observados en Amboseli Park (Behrensmeyer, 1978). Sin embargo, los restos expuestos a agentes subaéreos del bosque de Ituri presentaban estadios de alteración menores a los observados en la sabana de Virunga Park y Amboseli Park en un mismo tiempo de estudio. Según Tappen (1994), esto podría deberse a los diferentes grados de radiación ultravioleta y de humedad en cada uno de los ambientes. Mientras en Virunga Park y en Amboseli Park la radiación ultravioleta es alta o muy alta respectivamente y el grado de humedad intermedio en el primero y estacional (muy seco o muy húmedo) en el segundo, en el bosque de Ituri existe muy poca radiación y una alta humedad constante.

De la misma manera, en un trabajo experimental con restos de camello recogidos en el desierto de Abu Dhabi (Emiratos Árabes), Andrews y Whybrow (2005) advirtieron como la coloración y la meteorización estaba relacionada con el efecto del sol. Algunas de las costillas recogidas estaban hincadas en la arena y presentaban una línea diferencial de alteración entre la zona enterrada y la zona expuesta. La zona expuesta de estas costillas poseía una coloración blanca con agrietamientos, mientras que la zona enterrada presentaba una coloración marronosa y sin agrietamientos. El carácter permeable y conductor de la arena permite transmitir los cambios de humedad y temperatura a los elementos esqueléticos en contacto con ella, pero sólo la parte expuesta estaba afectada por el sol. De esto podemos concluir que los rayos UV son un agente a tener en cuenta para explicar y entender la meteorización puesto que fragmentan las fibras de colágeno de los restos (Fernández Jalvo *et al.*, 2002). Además, en este trabajo se observó que los efectos de la meteorización aparecen más tarde en el desierto que en la sabana, por lo que no se corresponden a los de Behrensmeyer (1978) (Andrews y Whybrow, 2005).

Por otra parte, en el trabajo de Behrensmeyer no se observaron las características microestructurales de los tejidos óseos, factor que varía según el elemento esquelético y el taxón (Enlow y Brown, 1958, en Fernández-Jalvo, 1992). A pesar de no conocer qué elementos esqueléticos y taxones están sujetos a una meteorización más rápida y más profunda, parecen existir evidencias que indican que la densidad y la porosidad de los elementos esqueléticos (sujetos a las características microestructurales de cada taxón) influyen en la alteración (Lyman, 1994).

La categorización de Behrensmeyer (1978) está realizada, como se ha visto, sobre restos de macromamíferos. Los restos dentales observados siguen un patrón de meteorización diferente, al igual que sucede con los restos de individuos de menos de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

5 Kg. de peso, tanto en individuos de especies pequeñas, como en juveniles de especies de macromamíferos.

Para observar la meteorización en restos de micromamíferos, Andrews (1990) inició un experimento aplicando un tiempo menor que Behrensmeyer. Posteriormente, los mismos restos serán utilizados por Fernández-Jalvo (1992), quien completó el experimento, aplicándole un rango de tiempo mayor. Esta autora subrayó que tras el paso del tiempo, las modificaciones observadas por Andrews son más evidentes, aunque siguen existiendo diferencias respecto a los resultados de Behrensmeyer (1978).

Para tal experimento se expusieron 10 egagrópilas de lechuza común (cuya digestión afecta levemente a los restos óseos) a los agentes metereológicos durante un periodo de 2 años. Pasado este periodo, las egagrópilas no mostraron modificación alguna debido a que estaban expuestas al sol pero aisladas del suelo, protegidas de la lluvia y del viento. En condiciones más húmedas, las egagrópilas y los restos que contenían se hubieran desintegrado en un periodo de 10 meses (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992).

Pasados estos dos años, Andrews descompuso las egagrópilas y volvió a exponer tan sólo los restos óseos a los agentes meteorológicos. Como resultado de dicho estudio periódico, los autores crearon cuatro estadios de alteración según las diferentes modificaciones superficiales de los restos en relación al tiempo de exposición subaérea (Tabla 4.22).

Estadios de meteorización en micromamíferos		
Estadio	Años	Modificación
0	0-2	No hay muestras de alteración
1	1-5	Los huesos presentan agrietamiento paralelo a la estructura fibrosa. Los dientes aparecen astillados y la dentina agrietada.
2	3-5+	Los huesos presentan una extensión de los agrietamientos, pero con poca exfoliación. Los dientes se astillan y se agrietan, tendiendo a perder la corona.
3-4	4-5+	Tanto en huesos como en dientes existen agrietamientos profundos con levantamiento de escamas entre grietas.

Tabla 4.22. Resultados de la experimentación de Andrews (1990), completada por Fernández Jalvo (1992), sobre meteorización en micromamíferos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Las diferencias existentes entre los resultados de Behrensmeyer (1978) y Andrews (1990) podrían deberse, además del tamaño, estructura y densidad de los restos estudiados, al clima o condiciones locales del área de experimentación (Cáceres, 2002). La primera efectuó su experimento en la sabana africana, mientras que Andrews experimentó en áreas templadas y húmedas, y, en consecuencia, el tiempo requerido para la aparición de los primeros agrietamientos será considerablemente mayor en un ambiente húmedo.

En los experimentos citados anteriormente, se advierten las alteraciones físicas del proceso de meteorización, aunque sigue siendo poco conocido el efecto de la acción atmosférica sobre la estructura del hueso y su composición química (Fernández-Jalvo, *et al.*, 2002). Con ese objetivo Trueman y colaboradores (2004) examinaron y revisaron los materiales utilizados por Behrensmeyer (1978) expuestos durante 40 años en la sabana de Amboseli Park (Kenya). En los restos que mostraban los primeros estadios de meteorización recogidos por esta autora, observaron tres características: pérdida del material orgánico, aumento en la cristalinidad del mineral del resto y cambios en la porosidad del hueso. En cambio, el estudio de los restos recogidos tras 15 años de exposición (correspondiéndose al estadio 5 de Behrensmeyer), aportó información sobre la alteración mineralógica y química. Ésta consiste en a) la destrucción de la matriz orgánica del hueso (es decir, del colágeno), b) aumento de tamaño de los cristales minerales conduciendo a un aumento de tamaño general, c) la absorción y fijación de cationes de agua, y, d) la permineralización (o crecimiento de minerales en los espacios habidos entre los poros del hueso).

La finalidad primera de estos experimentos es calcular el tiempo de exposición subaérea mediante la observación de las alteraciones que presentan los restos meteorizados, pero para ello existe un problema. En macro y en micromamíferos, la descomposición de los tejidos blandos u orgánicos y la subsiguiente exposición subaérea está sujeta a varios condicionantes que desconocemos del ambiente de deposición (clima, características del suelo, radiación solar, vegetación). A pesar de la valiosa aportación ofrecida por Behrensmeyer (1978) y Andrews (1990) a esta alteración, los grados deben ser tomados con precaución para calcular el tiempo de exposición mínima a los agentes subaéreos.

4.2.1.4. Pisoteo

El pisoteo o *trampling* consiste en un proceso mecánico por el que el resto óseo, dental o lítico fricciona con el sedimento debido a la fuerza ejercida por el

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

tránsito de animales y personas. Esta alteración puede producirse una vez el resto ya está depositado sobre el sustrato o con posterioridad al enterramiento.

Diversos trabajos experimentales han permitido observar cómo responden los restos faunísticos ante este mecanismo (Villa y Courtin, 1983; Behrensmeyer *et al.*, 1986; Olsen y Shipman, 1988; Agenbroad, 1989; Fiorillo, 1989; Gifford-González, 1989a; 1989b; Irving, *et al.*, 1989; Andrews, 1990). De la aplicación de estas investigaciones se resuelve que el pisoteo altera el registro arqueológico física y espacialmente. En cuanto a las alteraciones físicas ejercidas sobre los restos fósiles por acción del *trampling* destacan las marcas superficiales, la fracturación, y, en menor medida, la existencia de superficies pulidas y redondeadas, así como roturas en espiral, lascas o bordes de fractura dentados (Yellen, 1991).

Las marcas producidas por pisoteo se caracterizan por ser estrías superficiales, aisladas o formando grupos, que presentan recorrido rectilíneo, con longitud, anchura y profundidad variables. Los fondos de las estrías por pisoteo están poco marcados y son poco profundos, con una sección en "U" o plana (Figura 4.14). Generalmente, no aparecen estrías secundarias asociadas a una estría principal, aunque sí pueden presentar microestrías interiores y levantamientos laterales (o conos hercianos).

La mayor parte de la investigación experimental realizada sobre las alteraciones resultantes del pisoteo sobre hueso se encauza hacia la observación, identificación y descripción de las marcas superficiales que pueden presentar los restos. Esto se debe a la semejanza existente entre estas marcas y las marcas de corte realizadas con artefactos líticos que producen los humanos durante la acción de extraer la carne de los animales que van a ser consumidos (Andrews y Cook, 1985; Behrensmeyer, *et al.*, 1986; Agenbroad, 1989; Fiorillo, 1989; Gifford-González, 1989b; Fernández- Jalvo, 1992; Lyman, 1994).

Así, las marcas de corte son estrías alargadas y lineales, de longitud y anchura variables, que presentan un fondo microestriado. A diferencia de las marcas por pisoteo, la sección transversal de estas estrías es en forma de "V" (Shipman y Rose, 1983b) (Figura 4.15). A lo largo de la estría principal pueden aparecer estrías secundarias conocidas como *efecto shoulder* y al principio y/o final pequeñas estrías asociadas conocidas como barbas (Shipman y Rose, 1983b). Otras características de las marcas de corte pueden proporcionar criterios de direccionalidad como es el caso de los saltos o escalones en el borde de la marca o conos hercianos (Bromage y Boyde, 1984). En cuanto a las estrías resultantes se distinguen, básicamente, cuatro tipos en función de la morfología: incisiones, raspados, aserrados y tajos (Binford, 1981; Potts y Shipman, 1981; Shipman y Rose, 1983b; 1984).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A diferencia de las marcas de corte, que muestran una ordenación, localización y direccionalidad estrechamente ligada a zonas concretas del hueso, el pisoteo presenta una distribución en la superficie del hueso aleatoria (Lyman, 1994).

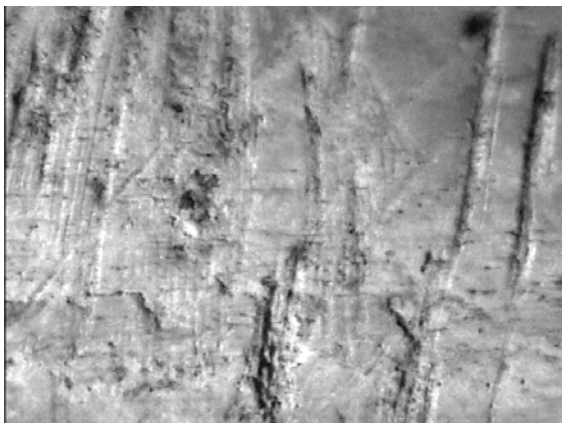

Figura 4.14. Estrías producidas por pisoteo experimental en diáfisisi de hueso largo (Foto: I. Cáceres/URV-IPHES).

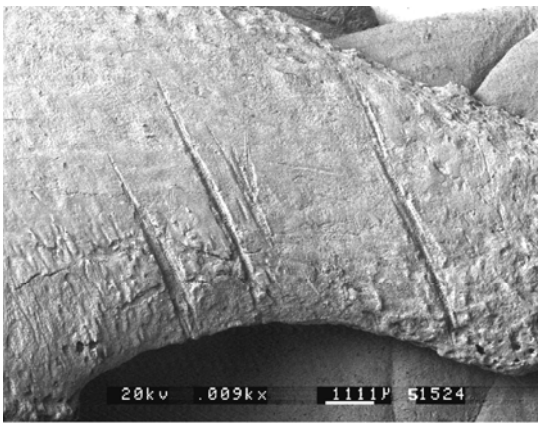

Figura 4.15. Incisiones en una apófisis vertebral de Vanguard Cave, Gibraltar (Foto: I. Cáceres/URV-IPHES).

Las fracturas producidas por *trampling* están sujetas a dos variables: la presión ejercida sobre el resto y la capacidad de respuesta del mismo a esa presión, estrechamente relacionada con la anatomía ósea (Jonhson, 1985). Olsen y Shipman (1988) coincidieron en afirmar que los huesos secos se fracturan con mayor facilidad que los huesos frescos. Esto se debe a que el hueso fresco posee una elasticidad mayor que los huesos secos, respondiendo con la deformación a la posible presión ejercida. También se ha observado, experimentalmente, la presencia de muescas en los bordes de fractura oblicuos, especialmente en huesos semi-secos o secos que pueden confundirse con retoques antrópicos (Blasco *et al.*, 2008).

Las alteraciones espaciales producidas por el pisoteo resultan difíciles de identificar en conjuntos arqueológicos (Andrews y Cook, 1985). A pesar de ello, se diferencian los movimientos horizontales de los movimientos verticales que pueden sufrir los restos. La redistribución horizontal, considerada por Fernanández-López (2000) como resedimentación, consiste en el desplazamiento longitudinal de restos depositados originalmente, con anterioridad a su enterramiento. Las investigaciones llevadas a cabo por Olsen y Shipman (1988) llamaron la atención sobre la compactación del suelo como variante de este movimiento, puesto que un sustrato duro permite a los fósiles permanecer durante un mayor tiempo en exposición que un

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

sustrato blando, incrementando la posibilidad del pisoteo y facilitando la dispersión horizontal. A pesar de lo que podría parecer en un primer momento, existe información que niega toda relación entre la morfología y peso del resto con el movimiento horizontal resultante (Villa y Courtin, 1983). El movimiento vertical de los fósiles depende de la intensidad del pisoteo, de la compactación del sedimento y de la dimensión y forma del hueso (Gifford-González *et al.*, 1985; Lyman, 1994). Los sedimentos blandos, tipo arenas, favorecen que los restos se adentren en el substrato hasta 7 cm. por acción del pisoteo, pudiendo mezclar restos de asociaciones diferentes (Villa y Courtin, 1983). Por su parte, Olsen y Shipman (1988) observaron experimentalmente como el pisoteo produce movimientos verticales post-enterramiento, llevando a cabo un proceso de mezcla, e incluso de reelaboración, siempre y cuando haya desenterramiento, que no se observa en los movimientos horizontales.

En los restos de micromamíferos también se pueden observar las características anteriormente descritas de dispersión, fractura y estrías superficiales (Andrews, 1995). Se debe poner especial atención en no confundir las estrías superficiales debidas al pisoteo con las marcas de corte, puesto que existen algunas evidencias excepcionales que documentan la utilización de herramientas líticas para procesar animales de pequeño tamaño, como lagomorfos, insectívoros y aves en cronologías diversas (Hockett, 1991; Higgins, 1999; Pérez-Ripoll y Martínez Valle, 2001; Haws, 2003; Cochard, 2004; Ibáñez y Saladié, 2004; Blasco y Fernández-Peris, 2009). En este sentido, cabe destacar la presencia de marcas de corte en pequeños mamíferos del Pleistoceno Inferior de Olduvai Gorge (Fernández-Jalvo *et al.*, 1999) y de la Sima del Elefante (Huguet, 2007).

Por lo que se refiere a fractura en micromamíferos, Andrews y Cook, (1985) apuntaron a la corticalidad de los restos óseos como variable preferencial, puesto que los huesos que poseen la cortical más fina son más propensos a la fractura que los huesos con cortical más gruesa. Andrews (1990) experimentó con egagrópilas frescas de búho, describiendo una fractura preferencial de cráneos, arcos cigomáticos, ramas ascendentes mandibulares, desprendimiento de incisivos, fractura en vértebras, pelvis y escápulas, todos ellos con cortical fina. Como conclusión a su experimentación propuso un modelo basado en la fractura preferencial de los elementos esqueléticos con cortical más fina, en el desequilibrio entre craneal y postcraneal, debido a la ausencia de cráneos (o su reducción a maxilares), y en la pérdida considerable de dientes enteros. En este patrón se observa un gran número de dientes aislados pero ninguna pérdida ni fractura de los elementos esqueléticos de menor tamaño.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Las alteraciones por pisoteo en restos de micromamíferos pueden producirse después de la producción de la egagrópila y en el propio nido de la rapaz. Estas aves construyen o reparan su nido utilizando ramas secas, hojas, y, frecuentemente, las propias egagrópilas u otros desechos alimenticios. Así, el propio tránsito de los individuos adultos o inmaduros en el nido produciría las primeras alteraciones por pisoteo, colaborando, de ese modo, en la primera disgregación de la egagrópila.

4.2.1.5. Abrasión

La abrasión es una modificación física que aparece en la superficie ósea por efecto de la erosión una vez los restos están depositados sobre o entre el sustrato. Esta erosión puede estar activada por mecanismos de transporte eólico, hídrico, por gravedad o por pisoteo, que además de alterar las superficies óseas, poseen capacidad de dispersar y concentrar los restos.

La abrasión se caracteriza por la presencia de redondeamientos y pulidos, acompañados de estriación microscópica en la superficie ósea (Figura 4.16) (Shipman, 1981; Andrews, 1990; Lyman, 1994; Cáceres, 2002; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003).

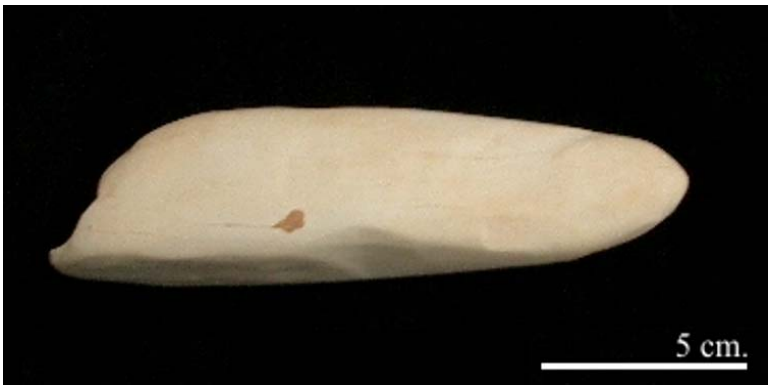

Figura 4.16. Abrasión en hueso largo de talla grande de Abric Romaní, Capellades. (Foto: I. Cáceres/URV-IPHES).

Cáceres (1995; 1996) detectó, durante el estudio de los restos del Abric Romaní, en Capellades (Barcelona), que las alteraciones producidas por los efectos de la abrasión hídrica no se presentan de manera simultanea ni homogénea. Así observó que el redondeamiento presenta grados de modificación y de distribución espacial

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

diferenciales a los del pulido (Cáceres, 2002). De esta manera, y dado que la secuenciación de esta alteración es gradual, establece unos grados diferenciadores entre las dos modificaciones características de la abrasión hídrica en restos de macromamíferos (Tabla 4.23).

Relación entre los grados de redondeamiento y pulido

REDONDEAMIENTO		PULIDO	
Grado	Modificación	Grado	Modificación
R0	Bordes angulosos, sin redondeamiento	P0	Superficie sin pulido
R1	A nivel microscópico se aprecia un leve redondeamiento	P1	A nivel microscópico se observa una pequeña pátina que afecta a los bordes
R2	Observación del redondeamiento a nivel macroscópico en determinadas zonas puntuales del resto	P2	Microscópicamente se puede observar bordes y superficie completamente brillantes
R3	Redondeamiento de toda la superficie ósea, perdiendo la morfología inicial.	P3	Se observar microscópicamente como la superficie y los bordes están brillantes y completamente pulidos.

Tabla 4.23. Relación entre grados de redondeamiento y grados de pulido en restos de macromamíferos, extraído de Cáceres (1996).

Con la finalidad de diferenciar el agente causante de esta alteración a lo largo de la historia se han llevado a cabo numerosos experimentos, la mayor parte de ellos encauzados a observar la respuesta ósea al transporte hídrico, si bien Brain ya sugirió en 1967 que el transporte eólico era uno de los agentes más abrasivos (Lyman, 1994). Estas investigaciones se centran en reconocer las señales de abrasión por corriente hídrica y discriminar la acción de otros agentes y procesos tafonómicos anteriores (Wolf, 1973; Behrensmeyer, 1975; Korth, 1979; Shipman, 1981; Shipman y Rose, 1983a; 1983b; Bromage, 1984, Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). En gran parte de estos trabajos experimentales se introducen los restos óseos de diferentes animales en un tambor con agua y sedimento durante un periodo de tiempo determinado y controlado. Tras las observaciones posteriores se concluye que el grado de alteración depende de una serie de variables como el tipo y tamaño de partículas sedimentarias, el estado de hueso (fresco o seco, meteorizado, roto o entero) y la duración del proceso de alteración (Fernández-Jalvo y Andrews, 2003).

Es posible determinar los diferentes grados de abrasión del resto arqueológico en cuestión. Shipman (1981) introdujo como variante a tener en cuenta las diferencias

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

anatómicas entre los taxones utilizados y distingue, tras su investigación experimental, tres grandes grados de abrasión: a) poco o nada alterado, caracterizado por bordes de fractura agudos y superficie no alterada; b) abrasión moderada, basada en redondeamiento en los bordes de fractura; y c) abrasión fuerte, con bordes de fractura muy redondeados y aparición de pulidos en la superficie ósea.

Fernández-Jalvo y Andrews (2003) realizaron un interesante experimento donde se controlaron las distintas variables relacionadas con el sedimento, las morfologías y estado de conservación de los restos óseos, la velocidad del movimiento y el tiempo de inmersión. Los autores introdujeron fragmentos de hueso de artiodáctilo en varios tambores con agua y sedimento de diversa granulometría (grava y arena gruesa; arena gruesa; arena fina y limo; y por último, limo y arcilla) durante un tiempo máximo de 360 horas. La velocidad de movimiento alcanzada era de aproximadamente 20 cm./seg. Los fragmentos óseos elegidos fueron huesos recientes que aún mantenían el periostio; huesos secos en grado 1 según la clasificación de Behresmeyer (1978); restos en grado 4 según clasificación de Behresmeyer (1978), fósiles procedentes del yacimiento de Westbury (Pleistoceno Medio) y varios restos dentales.

Al final del experimento concluyeron que el tipo de sedimento con mayor capacidad para pulir y redondear era la grava y la arena gruesa. Los restos óseos más afectados fueron los fosilizados y los meteorizados en estadio 4, seguidos de los huesos secos, los huesos recientes y finalmente los dientes. Los limos y arcillas presentaron una gran capacidad para redondear, pero no para pulir.

Al contrario de lo que sucede con los restos de macromamíferos, que ruedan sobre el lecho, facilitando la erosión, el transporte de micromamíferos puede producirse en suspensión, por lo que cabe la posibilidad de que no exista abrasión, aunque no se debe olvidar que la abrasión en micromamíferos ha sido aún poco investigada. Korth (1979), Andrews y Fernández-Jalvo (1992) y Fernández-Jalvo y Andrews (2003) realizaron experimentos similares. Andrews y Fernández-Jalvo (1992) simularon dos corrientes de agua de velocidad de 24 cm/s, una cargada con granos de cuarzo y la otra con arcilla y limo, durante 300 horas. En ambas se introdujeron esqueletos desarticulados de micromamíferos, observando que, en el tambor cargado con granos de cuarzo los cráneos perdieron las bulas timpánicas, los parietales y, finalmente, los occipitales. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de redondeamiento de todos los bordes, inclusive los del incisivo. Los dientes se desprendieron de sus alvéolos tras 48 horas de experimentación, pero sin producirse fracturas del esmalte. Tras las 300 horas de experimentación, los elementos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

postcraneales no se fragmentaron (excepto la fíbula) y tan sólo presentaban una ligera pátina brillante característica del pulido.

En el tambor con sedimento fino, los elementos esqueléticos apenas sufrieron alteraciones de redondeamiento, pulidos o fracturas (Andrews y Fernández-Jalvo, 1992).

En una experimentación posterior Fernández-Jalvo y Andrews (2003) introdujeron un esqueleto de microtino en una corriente simulada de 15cm/s, junto con sedimentos de diversa granulometría (arcillas y limos, arenas y gravas), obteniendo un resultado similar a la simulación anterior. Además, introdujeron cuatro egagrópilas compactas de lechuza común en un tambor con agua (sin sedimento). En este caso, y después de 34 horas, no se observaron alteraciones en los restos, aunque las egagrópilas se disgregaron parcialmente (Fernández-Jalvo y Andrews, 2003).

A pesar de todo, no se debe olvidar que en todos estos experimentos las condiciones aplicadas son constantes, es decir, las partículas de sedimento impactan de manera continua sobre los restos dentro del tambor. Esta condición es poco probable o no está contemplada naturalmente (Shipman y Rose, 1983a).

4.2.2.- Alteraciones posteriores al enterramiento

En este apartado se describen las alteraciones ocurridas tras el enterramiento de los restos, si bien se incluyen alteraciones que también pueden producirse con anterioridad a él. El periodo que transcurre desde el enterramiento hasta el descubrimiento del fósil abarca un amplio rango de tiempo donde, generalmente, los restos están sujetos a una serie de agentes tafonómicos de carácter fosildiagenético que alteran física y químicamente la superficie y la estructura de los restos (Denys *et al.*, 1996b). En ocasiones excepcionales pueden no existir las alteraciones bioestratinómicas, como es el caso de Messel o Rancho La Brea, donde la rapidez de la sedimentación no permitió que los procesos de alteración postdeposicional alterasen los restos (Janczewski *et al.*, 1992; Miller, 1996; Morlo *et al.*, 2004; Mayr, 2009).

4.2.2.1. Acción de la vegetación

Las plantas son un agente biológico que modifican mediante un mecanismo de alteración químico con la capacidad de alterar la superficie ósea una vez el resto ya está enterrado (Courty *et al.*, 1989; Fernández- Jalvo *et al.*, 2002). La alteración por

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

raíces puede ofrecer información microambiental y sobre todo permite inferir un momento clave para la secuencia tafonomica: el enterramiento. Así, la presencia o ausencia de esta alteración indica la existencia de condiciones paleoecológicas óptimas para el desarrollo vegetal. Generalmente, esta modificación suele manifestarse en muchas asociaciones fósiles, aunque es menos abundante en depósitos de cueva donde dichas condiciones son menos favorables.

La alteración producida por las raíces de las plantas se caracteriza por presentar surcos alargados y cóncavos con una longitud, anchura y profundidad variables. Estos surcos pueden estar aislados o ramificados (Figura 4.17) y poseen una sección irregular en forma de "U" (Andrews y Cook, 1985; Courty, *et al.*, 1989; Fernández-Jalvo, 1992; Lyman, 1994).

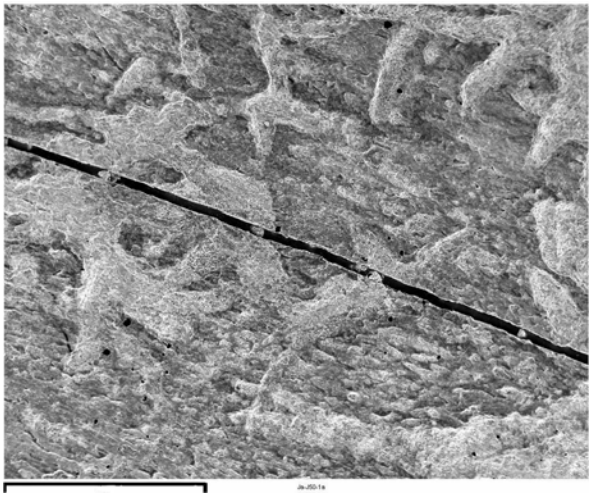

Figura 4.17. Raíces en hueso largo de talla media de Abric Romaní, Capellades. (Foto: I. Cáceres/URV-IPHES).

Existe división de opiniones sobre el mecanismo de acción de las raíces de las plantas sobre el hueso. Por un lado, Behrensmeyer (1978) definió las ramificaciones como el resultado de la disolución producida por los ácidos asociados al crecimiento y descomposición de las plantas y hongos en contacto directo con la superficie del hueso. Por otro lado, Morlan (1980) las definió como resultado de la secreción de ácidos de algunas plantas y hongos en la acción de nutrirse.

Las raíces de plantas están asociadas a diferentes hongos y bacterias que actúan como agentes de descomposición química de nutrientes minerales y orgánicos

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

(Courty *et al.*, 1989). Esta relación simbiótica es fundamental para el crecimiento y desarrollo de la planta en suelos pobres en elementos minerales esenciales libres (Fernández-Jalvo *et al.*, 2002). Estos hongos absorben y transfieren a la raíz fósforo, zinc, manganeso y cobre, normalmente de suelos calizos, que a la vez, aportará estos elementos a la planta.

Dado que la experimentación con plantas para producir modificación por raíces es larga y la obtención de resultados muy lenta, las alteraciones son poco conocidas experimentalmente. No fue hasta mediados de la década de los 80 cuando se investigó en profundidad (Morlan, 1980), por lo que las superficies con este tipo de alteraciones se confundían en ocasiones con alteraciones de origen humano (Binford, 1981), o como efecto de la corrosión. Andrews (1990) apuntó que no se puede confundir con la corrosión producida por el suelo, puesto que ésta produce perforaciones de morfología redondeada.

La distribución espacial preferencial de esta alteración ofrece también información microambiental. Por ejemplo, en un conjunto teórico de restos en un ambiente kárstico, la distribución preferencial de las marcas por raíces nos puede mostrar las diferencias habidas entre la entrada, donde sería posible hallar vegetación, o el interior de una cueva, donde, por el contrario, no llegaría la luz necesaria para realizar la fotosíntesis (Cáceres, 2002).

Existen otras plantas con capacidad de alterar los restos. Éstas son las de líquenes y algas, cuyas alteraciones pueden pueden afectar a la superficie ósea y su modificación tiene lugar cuando los restos están en superficie.

Los líquenes son asociaciones constituidas por la simbiosis entre hongos (organismo denominado en un liquen, micobionte), y ciertos géneros de algas verdes o de cianobacteria (organismo denominado ficobionte) (Prescott *et al.*, 1999). El aspecto más destacable de esta asociación mutualista es que su morfología y relación metabólica son muy constantes por lo que los líquenes reciben nombres de géneros y especies. Los líquenes son simbiontes resistentes a las condiciones ambientales adversas y capaces, por tanto, de colonizar muy diversos ecosistemas. Las alteraciones sobre la superficie de los restos debidos a la acción de líquenes están escasamente estudiadas. Las observaciones realizadas por Fernández-Jalvo (1992) sugieren que la superficie alterada se localizada en un área, de mayor o menor tamaño, que se amplia a medida que crece la colonia. La superficie de los restos adquiere una textura pulverulenta más o menos homogénea. Esta alteración suele estar relacionada con entornos oxidantes y de prolongada exposición subáerea o subacuática (Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo *et al.*, 2002).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Las algas son organismos eucariotas y fotosintetizadores que viven en el agua o en ambientes muy húmedos (Prescott *et al.*, 1999). A pesar de que los primeros estudios afirmaron que no existía una evidencia de la intervención de algas unicelulares en procesos de perforación de restos (Ascenzi y Silvestrini, 1984), con posterioridad fue observada por Bodén (1988). Las alteraciones se caracterizan por ser pequeñas perforaciones alineadas sobre la superficie del resto con fondo y bordes redondeados (Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo *et al.*, 2002).

La morfología de la alteración por raíces de cualquier tipo de planta, tiende, en ocasiones, a superponerse a otras alteraciones de carácter biostratinómico como las marcas de corte, el pisoteo o la meteorización (Figura 4.18).

La alteración por raíces se clasifica en la presente Tesis según la localización de los surcos en la superficie y las caras del resto que estén alteradas. Así, se considerarán aislados cuando los surcos estén bien definidos y limitados a una pequeña porción del hueso, mientras que serán concentrados cuando se extiendan considerablemente por la mitad de la superficie en estudio. Si ocupan la mayor parte de la superficie del resto, llegando incluso a cubrirlo completamente, se considera que los surcos se disponen de forma generalizada. Además, puntualizaremos si la alteración se produce en la cara anterior o posterior del resto, o en ambas.

4.2.2.2. Óxido de manganeso

La alteración por óxido de manganeso se manifiesta en forma de coloración marrón-parda o negra en la superficie del hueso. Se trata de una alteración química de carácter diagenético que afecta a la coloración del resto de forma aislada (en pequeñas arborescencias o "setas"), de forma generalizada o dispersa (Figura 4.18 y 4.19).

Las investigaciones y estudios de Potter y Rossman (1979), y Dorn y Oberlander (1981) llevados a cabo en ambientes desérticos, junto con la investigación de Bauman (1976) en el fondo marino, manifestaron que las manchas identificadas como óxido de manganeso están producidas por la acción bacteriana. Ciertas bacterias se concentran en ambientes húmedos y anaeróbicos con un pH cercano al neutro o tendientes a la basicidad (con una tolerancia máxima de 6-7'5 pH), aunque también es muy probable encontrarlas en ambientes caracterizados por la alternancia de ciclos de oxidación y reducción (Courty *et al.* 1989). Estas bacterias, para su nutrición, metabolizan los minerales hallados en las arcillas y los restos óseos, precipitando sobre ellos manchas de óxido de manganeso.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

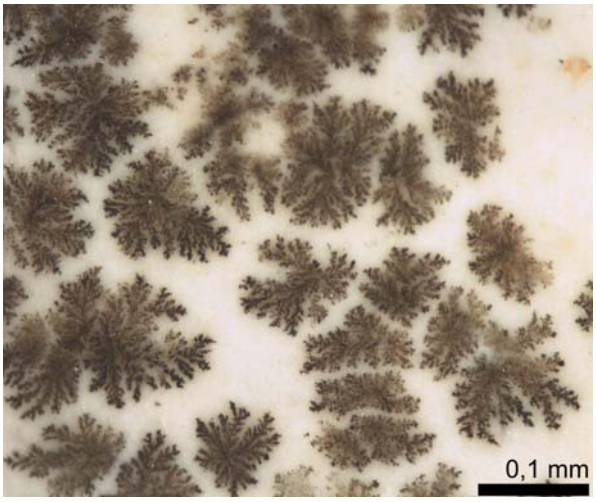

Figura 4.18. Óxido de manganeso en hueso largo del nivel 10 de Gran Dolina (TD10) (Foto: I. Cáceres/ URV- IPHES).

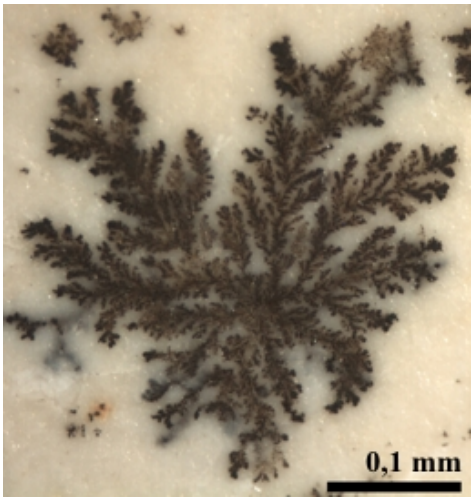

Figura 4.19. Detalle de una de las arborescencias (Foto: I. Cáceres/URV-IPHES).

La observación macroscópica de los restos con esta alteración puede conducir a una interpretación errónea si se confunde con los cambios de coloración producidos por la exposición al fuego. La coloración de un resto expuesto al fuego, o a una fuente de calor, varía según la intensidad y duración de dicha exposición. Inicialmente, el resto presentará pequeñas manchas de color marrón, que se irán intensificando en color y expansión hasta llegar a una coloración completamente negra (carbonización), que derivará a la grisácea y, posteriormente, a blanquecina en el último estadio, considerado como la calcinación (Brain, 1981; Shipman *et al*., 1984; Gilchrist y Mytum, 1986; Spennemann y Colley, 1989; Johnson, 1989; Buikstra y Swegle, 1989; Nicholson, 1993; Shahack-Gross *et al.*, 1997; Mayne Correia, 1997, entre otros). Este proceso recubre regular o irregularmente la superficie ósea, dando lugar a confusión, en ocasiones, con la coloración producida por manganeso. Un ejemplo de esa confusión fue la interpretación de restos de coloración negra en el yacimiento de Zhoukoudian (China) como las primeras evidencias de fuego. La revisión de Binford y Stone (1986, en Shahack-Gross *et al.*, 1997) rehizo la hipótesis, definiendo esas manchas como resultado de una mineralización.

Teniendo en cuenta la intensidad de la coloración del óxido de manganeso depositado y el área afectada, López-González y colaboradores (2006) establecen unos grados para esta alteración (Tabla 4.24).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Grados de alteración por óxidos de manganeso			
Grado	Intensidad	Grado	Área afectada
0	El resto mantiene su coloración original	0	0
1	Manchas en color marrón.	1	Menor a 10%
2	Manchas uniformes de color gris oscuro	2	Entre el 10 y el 50 %
3	Cubierta uniforme de color negro	3	Entre el 50 y el 90%
		4	Entre el 90 y el 100%

Tabla 4.24. Grado de alteración por óxidos de manganeso. Modificado de López-González y colaboradores (2006).

Los compuestos de manganeso también se hallan de forma natural en forma de partículas sólidas, en el agua o en el aire, que mediante una reacción química, puede trasformarse en óxido. Por ejemplo, el permanganato en contacto con disoluciones básicas, produce una reducción hacia el óxido de manganeso, que se precipita en forma de sólido de color marrón (Prescott *et al.*, 1990). Sin embargo, y aunque no podemos cerciorarnos de cuál es el proceso de formación del óxido de manganeso que afecta a los restos en ambientes de asociación arqueológica, la hipótesis más extendida y más comúnmente aceptada es la que se apoya sobre el origen bacteriano (Northup y Lavoie, 2001; López-González *et al.*, 2006).

Puesto que esta alteración es común en ambientes de cueva, la superposición de la precipitación de óxidos de manganeso con otras alteraciones (mordeduras, incisiones, fracturas, etc.) es utilizada frecuentemente para la realización de la secuencia tafonómica (López-González *et al.*, 2006).

Esta alteración se clasifica en el estudio según la localización del manganeso sobre el resto. Así, se considerará aislado cuando los bordes de las pocas imprimaciones de óxidos de manganeso estén delimitados. Los óxidos de manganeso concentrados se refieren a la situación de varias “setas”, o pigmentaciones con bordes definidos, en una pequeña porción del hueso. Se considera que los óxidos se distribuyen de forma dispersa cuando éstos se extienden a lo largo del resto en pequeñas agrupaciones. Cuando los óxidos ocupan la mayor parte de la superficie del resto, llegando incluso a cubrirlo completamente, y no se pueden diferenciar los bordes de las pigmentaciones negras, se considera que el manganeso se localiza en el resto de forma generalizada (Figura 4.20).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura. 4.20. Distribución de los óxidos de manganeso sobre los restos.

4.2.2.3. Corrosión

La corrosión es un proceso químico de origen inorgánico que afecta a los restos óseos depositados sobre o entre el sustrato. Las investigaciones llevadas a cabo sobre la corrosión revelan que la diversidad de marcas que produce se debe a las múltiples y variadas relaciones existentes entre el resto y el pH del sedimento. Así, la corrosión puede evidenciarse tanto a través de surcos ovalados, más o menos agrupados y de profundidad variable, que otorgan a la superficie ósea un aspecto ondulado o poroso (Bromage, 1984); como a través de agrietamientos, estriaciones, exfoliaciones y pequeñas perforaciones (Fernández-Jalvo *et al.*, 2002). Estas alteraciones superficiales no deben confundirse con la digestión ni con la meteorización.

Chaplin (1971) desveló que existen cuatro características de la matriz deposicional con influencia sobre la preservación del resto óseo: el pH, la oxigenación, la percolación del agua, y la acción bacteriana. Este investigador propuso el siguiente discurso: (a) la acción bacteriana destruye la fracción orgánica del tejido esquelético, (b) la acción bacterial se inhibe en el sedimento ácido, (c) el sedimento ácido disolverá la fracción mineral del tejido esquelético, (d) el tejido esquelético se preserva poco en el sedimento ácido, y (e) la preservación es mejor en el sedimento básico. Así pues, según Chaplin (1971) mientras la disolución de la materia orgánica

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

se debe a la acción bacteriana en sedimentos básicos, la disolución de materia inorgánica o corrosión se debe a la acidez del pH del sedimento.

El rango de tolerancia de gran parte de las bacterias al pH se sitúa entre 4'6 y 6/ 7'5 (Prescott *et al.*, 1990). Fuera de estos rangos, la actividad bacteriana se inhibe y por tanto, se dificulta la disolución de materia orgánica. Así pues, en un pH entre 0-4'5 y 7'5-14 se descompone la materia inorgánica, iniciándose la corrosión.

Las primeras investigaciones sobre la corrosión desvelaron que la corrosión de materia inorgánica se producía exclusivamente en suelos ácidos (Lyman, 1994). En suelos de alta alcalinidad (un pH de 8 o mayor) también se registra una importante agresión corrosiva, bien por el alto grado de basicidad, bien por su larga exposición sobre el resto (Fernández-Jalvo *et al.*, 2002).

Sin embargo, recientemente se ha realizado un experimento donde se intenta observar la respuesta de los dientes humanos a compuestos químicos ácidos y básicos (Fernández-Jalvo, *et al.*, 2002). Se procede a introducir 6 dientes humanos, en tubos separados, con 15 ml. de ácido clorhídrico (HCl) 0,1 M, con pH de 1'07, durante 60 min.; y 10 dientes, individualmente, en 15 ml. de hidróxido de potasio (KOH) 1M, con pH de 14, durante 72 h; ambos a una temperatura constante de 25 ºC y con un leve movimiento. Las observaciones periódicas de las diferentes muestras concluyeron que los suelos con un pH altamente ácido afectan a la superficie del esmalte o compuestos minerales en forma de pequeños surcos redondeados; mientras que los suelos con pH básico afectan a la dentina y compuestos orgánicos en forma de descamación, estrías y agrietamiento en mosaico, dejando el esmalte intacto.

Como hemos dicho con anterioridad, se debe procurar no confundir en restos fósiles la corrosión en suelos ácidos con la digestión y la corrosión en suelos básicos con la meteorización, puesto que en ambos casos, las alteraciones superficiales son muy semejantes. No se debe olvidar que la digestión es un proceso de corrosión química debida a la intervención de jugos gástricos y enzimas, que se asemeja al de la corrosión por contacto con suelos con pH ácido (Andrews, 1990). Para diferenciar unos de otros, se debe tener en cuenta la localización de la corrosión y su grado de profundidad. Los suelos básicos producen corrosión en la superficie de los restos mediante agrietamientos en mosaico y descamación superficial, pero no deben confundirse con la meteorización. El proceso de la alteración por meteorización es secuencial: aparecen inicialmente la estriación superficial y longitudinal que, con posterioridad se convertirán en grietas longitudinales (aparecerá el agrietamiento en mosaico localizado en las epífisis). En una tercera fase aparece la exfoliación o descamación. En la corrosión por pH básico aparece la descamación o exfoliación sin

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

que existan restos de estriación superficial y longitudinal (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo *et al.*, 2002).

En esta Tesis se diferencia entre la corrosión aislada, la concentrada y la generalizada. Se considera aislada cuando existan pocas perforaciones o agrietamientos y éstas estén delimitadas. El agrupamiento de varias perforaciones, agrietamientos o exfoliación en una pequeña porción del resto se describe como corrosión concentrada. Cuando estas modificaciones ocupan la mayor parte de la superficie del resto, llegando incluso no poder diferenciar los bordes de las perforaciones, se considera que la corrosión se localiza en el resto de forma generalizada.

4.2.2.4. Concreciones calcáreas

Las concreciones son adiciones de nuevos minerales a los intersticios y poros existentes entre las partículas que rellenan o engloban a los elementos conservados y que da lugar a su cementación parcial o total (Fernández-López, 2000). Las concreciones pueden ser silíceas, fosfáticas, ferruginosas, etc., aunque las más frecuentes en ambientes deposicionales kársticos son las calcáreas.

La formación de concreciones calcáreas en torno a restos que están en fase de biodegradación en ambientes más o menos confinados puede ser relativamente rápida. Las sustancias nitrogenadas (amoniaco y aminoácidos) y los ácidos grasos liberados durante la descomposición de la materia orgánica provocan una disminución del potencial de oxidación/reducción y un aumento de la alcalinidad de las aguas intersticiales, modificando las condiciones físico-químicas del ambiente local y favoreciendo la precitación de carbonatos (Fernández-López, 2000).

También deben considerarse los cambios que se producen en las condiciones de humedad del substrato (humidificación y desecación) ya que dan lugar a la dilatación y compactación de los sedimentos (Courty *et al*., 1989). Durante estos procesos los restos quedan total o parcialmente cubiertos por las concreciones, siendo común que los cilindros diafisarios se rellenen de sedimento.

En este trabajo se describirán las concreciones según el grado de extensión sobre la superficie del resto, pudiendo ser aisladas o generalizadas. La presencia de concreciones de extensión generalizada puede imposibilitar el análisis superficial de los fósiles.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

4.2.2.5. Deformaciones

La deformación hace referencia a los cambios sufridos en la morfología original de los de fósiles una vez que éstos han sido enterrados. Generalmente la deformación está producida por la presión que el sedimento ejerce sobre los restos, sin llegar a romperlos (Shipman, 1981).

Esta modificación está directamente relacionada con diferentes factores. Por un lado, encontramos aquellos factores que hacen referencia a la propia morfología de los huesos y sus propiedades elásticas. Por otro lado, hallamos los factores relacionados con las características del sedimento. Éstas son principalmente el tipo y tamaño de las partículas sedimentarias, puesto que pueden alterar la elasticidad de los huesos mediante la mineralización, intercambios químicos o la disolución.

La presión de sedimentos sobre los restos, principalmente aquellos que se componen de partículas con elevada plasticidad (arcillas), pueden producir que los círculos de las diáfisis de los huesos largos se conviertan en elipses sin llegar a romperse (Shipman, 1981). Otra forma de deformación por presión de sedimentos se produce cuando las pequeñas partículas de sedimento o arcillas se infiltran en el interior de los huesos. Este sedimento, y como consecuencia de su elevada capacidad de retención de agua, o hinchamiento, y desecación, puede cambiar su volumen, iniciándose así un proceso de expansión desde el interior del hueso. Se ha podido observar en el trabajo de campo que este proceso de argiloturbación, además de deformaciones, frecuentemente puede provocar fracturas en los restos de micromamíferos.

En este trabajo contabilizaremos la presencia o la ausencia de esta alteración en los restos estudiados.

Actualmente se está llevando a cabo una experimentación relacionada con la fractura y deformación de restos de micromamíferos por los cambios sedimentarios. La finalidad de esta experimentación es la observación de las alteraciones en restos de micromamíferos surgidas a medio y largo plazo por los procesos de argiloturbación (contracción y expansión de arcillas) y de presión de sedimentos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL T-1101-2013

4.3. Alteraciones desconocidas

4.3.1. Cambios de coloración/traslúcido

Esta alteración se ha detectado en restos óseos y dentales de microvertebrados de Sima del Elefante y Gran Dolina. Estos restos se caracterizan por poseen cambios de coloración local o generalizada. Generalmente presentan colores marrones rojizos y castaños, con tonos rosados. Junto con esta coloración, los restos presentan un aspecto ligeramente traslúcido (Figura 4.21.). Es decir, algunas de las paredes óseas de los restos dejan pasar a través de ellas la luz visible. Generalmente, estos restos presentan bordes de fractura rectos y, ocasionalmente, angulados y abruptos.

Figura 4.21. Alteración traslúcida. Puede observarse un cambio de coloración generalizada en tonos rojizos y aspecto traslúcido. Además, la dentina del incisivo está alterada por bacterias (apartado 4.2.1.2).

En colaboración con la Dra. Fernández-Jalvo, se han realizado análisis de composición química mediante el espectrómetro de dispersión de energía (EDS) del microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM). Estos análisis desvelan variaciones en la proporción entre el P y el Ca de los restos analizados (Y. Fernández-Jalvo, com. pers.). Sin embargo, no ha sido posible desvelar la relación existente entre esta variación con los cambios de coloración y el aspecto traslucido de los restos. Asimismo no ha sido posible hallar el origen ni conocer el mecanismo de la alteración.

Posiblemente esta alteración posea una relación con cambios de composición química del sedimento, aunque esta hipótesis debe someterse a nuevas y futuras investigaciones.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 5

Técnicas aplicadas al estudio

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

5.1. Obtención y preparación de muestras paleontológicas

En los órdenes que conforman el grupo de micromamíferos existe una gran variedad de tamaños. En el registro de micromamíferos de las excavaciones de la primera mitad del siglo XIX existe un importante sesgo puesto que sólo se recogían y describían los restos de talla más grande que se encontraban a simple vista, como los lagomorfos (conejos y liebres), algunos insectívoros (erizos y topos) y roedores (marmotas, castores y puercoespines). A partir de la segunda mitad del siglo XX, la aplicación generalizada de las técnicas de lavado-tamizado y triado han proporcionado un mayor y completo registro de micromamíferos (Sesé, 2005). Este proceso de lavado-tamizado y triado se inspira en el utilizado en minería para separar la ganga de la mena. A grandes rasgos, la técnica de extracción de fósiles de microvertebrados consistente en pasar por debajo del agua el sedimento que los contiene introducido en un tamiz tipo Freudenthal (Damms y Freudenthal, 1988).

Existen diversos sistemas para la obtención del sedimento, como el muestreo *in situ* y seleccionado en el corte estratigráfico realizado por los propios

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

investigadores. Esta metodología puede utilizar desde pocos gramos hasta decenas de kilogramos de sedimento.

Este no es el caso de los yacimientos en los que se excava con una metodología arqueológica o paleontológica, ya que se lava todo el sedimento procedente de la excavación. Es decir, el sedimento derivado de cada uno de los cuadros de la excavación se lava, tria y analiza por separado. La finalidad de la utilización de este sistema es no fraccionar la información del registro recuperado, sobre todo el que va a estar sujeto al estudio tafonómico. Al obtener los materiales y los datos del mismo lugar de donde se obtiene el resto del registro, se facilita la comparación con el resto de resultados.

Como ya hemos apuntado, el proceso se inicia con la recogida de los sedimentos procedentes de cada yacimiento, nivel, profundidad (Z) y cuadro (X e Y) (Figuras 5.1 y 5.2). Posteriormente se lava-tamiza el sedimento cerca de un curso de agua limpia que se extraerá a través de una bomba de agua (Figura 5.3). Se deposita el sedimento en barreños o cubos, calculando siempre el número de sacos que se introducen y los litros totales que contiene esa muestra. Con este procedimiento obtenemos el volumen del sedimento que con posterioridad relacionaremos con el volumen de restos hallados en la muestra, consiguiendo así una densidad relativa de restos en el sedimento.

Cada barreño se rellena con agua con la finalidad de reblandecer el sedimento, antes de iniciar el proceso de lavado (Figura 5.4). Para lavarlo, se utilizan tres tamices de diferente luz de malla. El diámetro o luz de malla de cada uno de estos tamices es 1 cm., 0’5 cm. y 0’05 cm (Figuras 5.5 y 5.6). Los cantos permanecen en el primer tamiz, evitando que golpeen con el sedimento y los restos, que se filtran por los tamices de mayor diámetro. Las muestras deben lavarse con abundante agua para evitar residuos en las mallas de menor diámetro. Se evita, en todo momento, que la presión de la manguera salpique los restos fuera del tamiz, ni friccionar con la mano o algún cepillo, el sedimento contra la malla, puesto que los restos pueden romperse.

Los posibles restos óseos hallados en el tamiz de mayor diámetro se separan de los sedimentos en el momento del lavado. Por el contrario, los concentrados de las mallas de 0’5 y 0’05 mm. de diámetro de luz se extienden por separado para que se sequen, evitando exponerlas al sol (Figuras 5.7 y 5.8). De este proceso resultan, pues, dos muestras de un mismo cuadro y talla, pero con diferente tamaño de grano.

El triado es un proceso lento que consiste en separar los restos arqueológicos y paleontológicos del concentrado resultante del lavado una vez ya está seco. Se recoge

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 5.1. Imagen de la excavación de TD10-2. Los sedimentos de cada uno de los cuadros excavados se recogen en cubos antes de ser depositados en sacos.

Figura 5.2. Sedimento en sacos en la zona de lavado-tamizado. Los sacos están agrupados según el yacimiento, nivel, profundidad y cuadro al que pertenecen los sedimentos.

Figura 5.3. Estructura de andamios donde penden las mangueras para el lavado-tamizado de sedimentos. Su situación, a orillas del río Arlanzón, facilita la extracción de agua limpia a través de una bomba.

Figura 5.4. Los sedimentos de una única muestra se reblandecen en cubos con agua para facilitar su posterior lavado.

Figura 5.5. El tamizado se realiza en tres mallas con diferente diámetro de luz.

Figura 5.6. Detalle del concentrado en la malla de 0,5 mm. de luz.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 5.7. Secado de los concentrados resultantes del proceso del lavado.

Figura 5.8. Recogida de los concentrados en bolsas con cierre hermético.

Figura 5.9. Triado de los sedimentos.

Figura 5.10. Individualización de las muestras y separación de las partes esqueléticas en tubos *eppendorf* en el laboratorio.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

todo fragmento óseo y dental de microvertebrado, junto con restos de talla lítica, carbones o minerales (Figura 5.9). Para llevar a cabo este proceso se utilizan unas pinzas de precisión y una lupa binocular (OLYMPUS SZX12). Los restos fósiles, una vez separados, se introducen en una bolsa tipo *minigrip* debidamente etiquetada con la procedencia del yacimiento, cuadro, nivel, profundidad y fecha de extracción y lavado.

Una vez en el laboratorio, esas muestras se introducen en pequeñas cajas etiquetadas y agrupadas en cajones por yacimiento y nivel (Figura 5.10).

De cada una de estas muestras se separan las partes anatómicas de todos los micromamíferos, depositándolas en tubos *eppendorf* de 10 mm. de diámetro (Figura 5.10). Por el contrario, los vertebrados no-mamíferos (anfibios, aves, peces y reptiles) se separan y guardan sin diferenciar las partes anatómicas que se identifican. Con la finalidad de calcular el número mínimo de individuos con mayor facilidad, los M_1 y otros elementos diagnósticos de especie, se montan en unas pequeñas cajas sobre una porción de pasta fijadora tipo *Pelikan Type Cleaner* utilizando unas pinzas.

En los yacimientos aquí estudiados (Sima del Elefante y Gran Dolina) el volumen de sedimento procesado cada campaña es muy abundante (en torno a las 30 toneladas) y la densidad de microvertebrados por cada kilogramo procesado es muy alta (entre 0,5 y 4 M_1 por Kg.). De esta manera, no se han estudiado todas las muestras de microvertebrados resultantes del proceso de lavado-tamizado y del anterior proceso de excavación de todo un nivel. Para este trabajo nos hemos basado en una selección de muestras extraídas de unas tallas o profundidades (z) elegidas previamente siguiendo criterios de uniformidad. En todos los casos se ha intentando que, tanto las tallas seleccionadas como las muestras elegidas entre ellas, sean representativas del horizonte estudiado.

5.2. Obtención y preparación de muestras actuales

Los restos de micromamíferos actuales estudiados en esta Tesis provienen de 88 egagrópilas y 30 excrementos de distintos predadores. Las egagrópilas, formadas en la molleja, están recubiertas de una mucosidad que sirve para facilitar su expulsión. Esta mucosidad, al secarse, forma una capa que endurece la egagrópila, ayudando a mantener su cohesión.

Existen diversos procedimientos para lavar y separar los restos contenidos en las egagrópilas, aunque pueden resumirse en la técnica de extracción en seco y la de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

extracción en mojado. En todos los casos se requiere de una lupa de brazo extensible con luz fría adosada o de una buena iluminación, de unas pinzas de precisión y un pequeño pincel. Para los procesos que utilizan el agua para la disgregación es necesario, además de los materiales anteriormente descritos, un bote con agua, un colador, para evitar perder los restos, y papel secante. Es aconsejable utilizar guantes de látex y una mascarilla semirigida durante el proceso de manipulación de egagrópilas y excrementos para evitar el contacto directo con el pelo y los microorganismos que contienen.

El sistema en seco implica ir disgregando, poco a poco, la egagrópila, e ir triando los restos mediante las pinzas de precisión y el pincel. Cuando la egagrópila esta muy compactada, la extracción de los restos con este método es difícil y lento ya que los huesos tienden a romperse, sobre todo los cráneos y las mandíbulas.

El segundo sistema consiste en poner las egagrópilas en remojo durante unos minutos, a fin de que la masa de pelo se reblandezca y facilite la extracción de los restos contenidos en ellas. Los restos triados deben dejarse secar antes de ser estudiados. Este proceso tiene el inconveniente de que, con el agua, los restos se vuelven más frágiles, ocasionando fracturas durante el proceso de extracción.

Para procesar los restos actuales de esta Tesis se ha utilizado un sistema mixto. Se han dejado, durante unos segundos, cada egagrópila sobre un pequeño colador en contacto con el agua y, posteriormente se han colocado sobre el papel secante (Figura 5.11). Así se elimina la costra de mucosa que envuelve a la egagrópila, facilitando su disgregación, al mismo tiempo que se evita que los restos se humedezcan demasiado y se debiliten.

En todos los casos se debe ir con cuidado de no romper los restos, en especial los más frágiles, como cráneos, mandíbulas, escápulas, ulnas; así como de recoger todos los restos hallados en ellas, sin olvidar costillas, autópodos y vértebras (Figura 5.12 y 5.13).

5.3. Técnicas de observación

Las técnicas utilizadas para llevar a cabo este estudio se han basado en la observación microscópica y la comparación con atlas esqueléticos y colecciones de referencia.

El estudio de las muestras se inicia, como hemos visto, con la separación de partes anatómicas. Para ello se han utilizado tres lupas binoculares, una de ellas en el

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

laboratorio de Mammifères et Oiseaux del Muséum National D'Histoire Naturelle de París (NIKON SMZ 800 C-W), que permite pasar de los 10 hasta los 63 aumentos; y las otras dos en la Universidad Rovira i Virgili (OPTECH SL DUAL y OLYMPUS SZ) que nos permite pasar mediante sistema zoom de los 6,7 aumentos a los 60 aumentos. A esta la lupa binocular se le incorpora una cámara fotográfica a color (Infinity X, Deltapix), que procesa imágenes digitales a través de un programa informático (DpxView Pro) (Figura 5.14). De esta forma, se pueden tomar fotografías de los restos y de las alteraciones superficiales que presentan en 2D, facilitando su posterior clasificación y publicación.

El estudio pormenorizado de cada elemento esquelético requiere, en ocasiones, lavar de nuevo parte de la muestra debido a las concreciones que pueda presentar. De todas maneras, es aconsejable lavar todos los restos que queramos observar, analizar y fotografiar en otros microscopios de alta resolución. En estos casos se utiliza una cubeta de ultrasonidos (J.P. SELECTA FUSE (A:1)). Se individualiza cada resto en una pequeña bolsa con cierre hermético tipo *minigrip* con 10 ml. de agua desmineralizada y un 2% de jabón líquido neutro sin fosfatos (DERQUIM LM 02) y se sumerge en la cubeta en pequeños periodos de 30 segundos, evitando así que el resto pueda romperse.

Las lupas binoculares presentan una limitación básica para nuestro estudio. A pesar de la facilidad con la que se maneja la lupa, los aumentos que poseen pueden ser insuficientes para el estudio de fragmentos de micromamíferos con los que trabajamos. Por ello, se utiliza el Microscopio Electrónico de Barrido o MEB, también conocido por sus siglas inglesas como SEM, (JEOL-6400) y el Microscopio Electrónico de Rastreo de presión variable y Ambiental o ESEM (FEI QUANTA 600) del Servei de Recursos Científics i Tècnics de la Universitat Rovira i Virgili (Figura 5.15). También se ha utilizado el SEM (JEOL JSM-25 SII) del servicio de microscopía electrónica del Muséum National D'Histoire Naturelle de París.

El funcionamiento del SEM se basa en el registro de la velocidad de reflexión de electrones traducido en imagen (Olsen, 1988). Para ello, es necesario producir un chorro de electrones que se consigue al pasar un alto voltaje a través del cátodo, un filamento de tungsteno. Cuando éste está incandescente, se origina una emisión termoiónica de electrones que se acelerarán fuertemente hacia el ánodo, llegando hasta la muestra. Para que no haya desviaciones o desaceleración del chorro de electrones es necesario conseguir que la emisión se realice en condiciones de alto vacío.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 5.11 Proceso de disgregación de un egagrópila en el laboratorio.

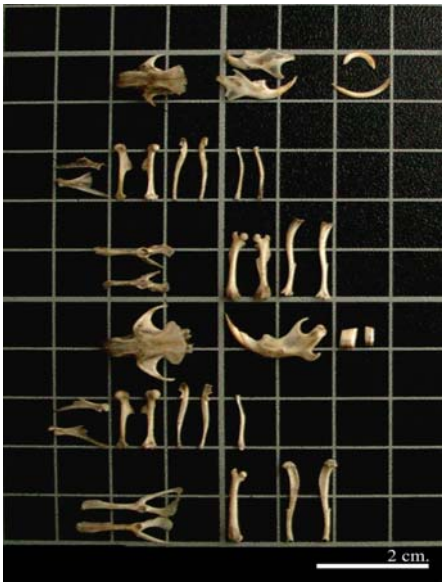

Figura 5.12. Restos de roedor extraídos de una egagrópila actual.

Figura 5.13. Restos de microvertebrados extraídos de una defecación actual.

Figura 5.14. Lupa binocular con cámara fotográfica incorporada.

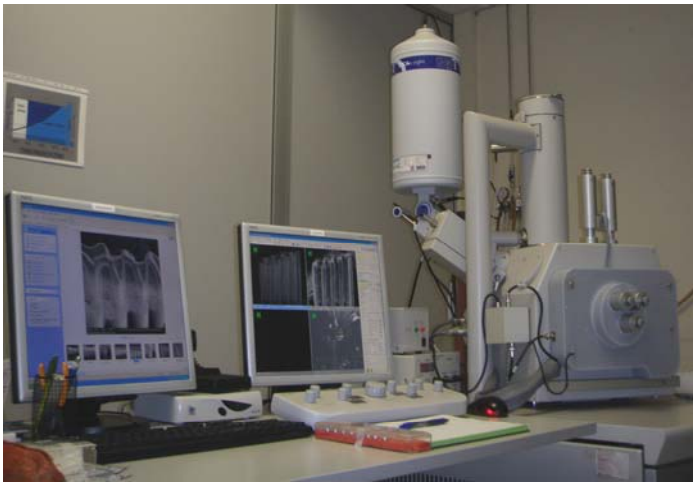

Figura 5.15. Imagen del Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental de la Universitat Rovira i Virgili.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La invención del SEM en el año 1965 abrió un abanico de posibilidades para los científicos de numerosas disciplinas. Brothwell (1969) fue uno de los primeros en argumentar las ventajas del uso del SEM en conjuntos arqueológicos, demostrando como podía ser utilizado en el estudio de restos arqueológicos como huesos, dientes, fibras, pelo, restos de plantas e industria lítica.

Para el análisis mediante el SEM es necesario que la muestra que se desea analizar esté seca y sea conductora y sólida, pero dada la naturaleza no metálica de los fósiles, éstos deben ser metalizados. Los fósiles, limpios y secos, se fijan a unos portaobjetos (*stubs*) mediante silicona que debe ser cubierta, en el contacto con la muestra, con líquido de plata para favorecer la conducción. La metalización del resto puede realizarse con oro-paladio, platino o carbono.

El Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM) admite el análisis de muestras bajo condiciones ambientales naturales gracias a los tres tipos de presión con los que trabaja (entre los 10^{-5}mbar a 26 mbar) lo que permite estudiar muestras conductoras, no conductoras y materiales incompatibles con el alto vacío, con una resolución de 3 μm. en cada rango de presión. Este microcopio permite analizar los restos de micromamíferos sin necesidad de usar técnicas convencionales de preparación de muestras.

Para la presente Tesis se ha utilizado el ESEM, generalmente, en condiciones de bajo vacío, aplicando alto voltaje (entre 15 y 20 Kv) y utilizando detectores con electrones secundarios (detector LFD) y retrodispersados (detector DualBSD).

La observación a través del SEM y del ESEM permite obtener información tanto morfológica como estructural. Poseen grandes ventajas sobre la utilización de la lupa convencional puesto que nos permite trabajar a muchos más aumentos, la nitidez, la resolución de la imagen y la profundidad de campo que puede obtenerse es mayor. Podemos realizar análisis complementarios, como grabar imágenes en un ordenador que posteriormente pueden ser analizadas sin necesidad de volver a introducir la muestra. Además, tanto al SEM como al ESEM de la Universidad Rovira i Virgili está equipado con un espectómetro de Rayos X que nos permite realizar análisis microanalíticos, determinando cualitativa y cuantitativamente la composición de pequeñas regiones de muestras sólidas.

Se debe tener en cuenta que todas las imágenes y figuras insertadas en esta Tesis Doctoral han sido realizadas por la autora, a menos que se indique lo contrario en el correspondiente pie de figura.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

5.4. Colecciones de referencia

Para realizar este trabajo se han utilizado varios manuales y artículos de identificación osteológica y taxonómica (Lavocat, 1966; Pales y Lambert, 1971; Dueñas y Peris, 1985; Arrizabalaga, *et al.*, 1986; Gosàlbez, 1987; Gil, 1996; Bailon, 1999; Rofes y Cuenca-Bescós, 2009). Las colecciones de referencia utilizadas están formadas por restos actuales.

- Colección osteológica del Área de Paleontología de la Universidad de Zaragoza.
- Colección osteológica de referencia del Laboratorio de Arqueología de la Universidad Rovira y Virgili.
- Colección taxidérmica del Muséum national d'Histoire naturelle de París.
- Colección osteológica del laboratorio de Paleontología del I+D+I y la Universidad de Burgos.
- Colección de egagrópilas del departamento de Systématique et évolution del Muséum national d'Histoire naturelle de París.
- Colección propia de egagrópilas actuales de predadores conocidos procedentes de la Reserva Real del Bosque de Riofrío (Segovia).

5.5. Base de datos

Todos y cada uno de los elementos estudiados, tanto actuales como fósiles, han sido introducidos en una base de datos creada con el programa Filemaker. En ella se contempla, en el caso de muestras fósiles, el yacimiento de donde proviene la muestra, el año de extracción de los sedimentos, el nivel, cuadro, talla o profundidad de la muestra. Para los restos actuales se anota el número del lote, el predador que origina el conjunto y el lugar y año de localización y recogida, así como el número de egagrópila.

Tanto si se trata de un elemento actual como fósil, en la base de datos se registra, individualmente, el elemento esquelético, y, en la medida de lo posible se intenta identificar el orden, familia, género y especie al que pertenece.

Posteriormente se anota el lado y el tipo de fractura que posee, y, en el caso de los dientes, si esta dentro o fuera de su alvéolo. En el caso de maxilares y mandíbulas,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

se rellenan numéricamente los campos de alvéolos de molares vacíos y alvéolos de incisivos vacíos. Además, anotaremos si el maxilar posee los arcos cigomáticos *in situ* y si las mandíbulas poseen la rama mandibular rota, si han perdido el diastema y si el borde inferior está roto.

Se observa si el elemento estudiado posee alteración por digestión y se anota el grado asignado, así como si existe precipitación de óxidos, presencia de fisuras, grietas, descamación, redondeamiento, pulido, concreción, corrosión química, surcos por raíces, meteorización, estrías por pisoteo, etc. Para finalizar se anotan las observaciones pertinentes y si se ha realizado algún tipo de descripción, fotografía, dibujo o análisis químico. Por último se anota siempre la ubicación física del elemento si ha sido pertinente separarlo de la muestra o individualizarlo dentro de ella.

Todos los datos han sido procesados mediante hojas de cálculo Excel.

5.6. Estadística aplicada

En este trabajo se ha utilizado el análisis de cluster o de conglomerados. Ésta es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es agrupar un conjunto de variables de diferentes sujetos u objetos en grupos (*cluster*). Estos grupos, no definidos *a priori*, definen a los sujetos de nuestra muestra en estudio (Guillén-Grima *et al.*, 2006).

Básicamente existen dos tipos de clusters: el "cluster k medias" o "partitioning method", y el cluster jerárquico. En esta Tesis se utiliza el cluster jerárquico, que es adecuado para muestras pequeñas en su variedad aglomerativa, es decir, se calcula la distancia entre todos los clusters y los dos más cercanos forman uno (Guillén-Grima *et al.*, 2006). Si hay un tercer caso que ahora está más cercano al *cluster* creado por los dos primeros casos, se añade al cluster. Si por el contrario, este tercer caso estuviera más cercano a un cuarto caso, entonces este tercer y cuarto caso formarían un *cluster*, y así sucesivamente.

Para realizar esta técnica estadística se utiliza el programa Past en distancia Euclidiana (apropiada para trabajar con porcentajes) y activando la medida de similitud de vinculación entre grupos (que calcula la distancia entre los puntos de dos cluster y hace la media).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2012

5.7. Otros programas

Se han utilizado otros programas informáticos además de los ya nombrados a lo largo de este capítulo. Los diagramas incluidos se han elaborado con el programa TGView 2.0.2 (Grimm, 2004), a los que se le ha añadido la zonación según análisis de *clusters*, incluida en el mismo paquete estadístico (Grimm, 1987).

Se han utilizado también programas de tratamiento de imágenes (PHOTOSHOP 7.0) y de edición gráfica (CorelDRAW 12).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 6

Mezclas en los conjuntos de micromamíferos: experimentación

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.1. Introducción

La experimentación tafonómica se basa en el actualismo con la finalidad, entre otros objetivos, de averiguar los agentes de alteración que intervienen en un conjunto fósil, independientemente del tipo de registro. En micromamíferos, se realizan trabajos actualistas con la finalidad de realizar caracterizaciones de predadores aún no estudiados a través de los restos consumidos (Reed y Reed, 1928; Southern, 1954; Day, 1968; Nabaglo, 1973; Mayhew, 1977; Korth, 1979; Denys, 1985; Andrews, 1990; Denys *et al.*, 1992; Montalvo *et al.*, 2007; 2008; Montalvo y Tallade, 2008, entre otros) o con la finalidad de completar la caracterización de predadores ya estudiados a través de la dieta y de las alteraciones observadas (Montalvo *et al.*, 1985; Andrews, 1990; Schmitt y Juell, 1994; Denys *et al.*, 1996a; Mondini, 2000; Guillem, 2002; Gómez, 2005)

Sin embargo, la mayor parte de los trabajos de carácter experimental con restos de micromamíferos suelen girar en torno al estudio de alteraciones postdeposicionales como pisoteo, abrasión y meteorización (Korth, 1979; Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992; Andrews y Fernández-Jalvo, 1992; Andrews, 1995).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En esta Tesis se va a realizar un experimento, dividido en tres partes diferenciadas, para observar la mezcla de aportaciones de diferentes predadores en un mismo conjunto de micromamíferos e intentar hallar criterios para poder detectar dichas mezclas.

6.2. Antecedentes

La finalidad de gran parte de los estudios tafonómicos de micromamíferos es identificar al predador autor de la acumulación (Andrews, 1983; 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996; 1999; Fernández-Jalvo *et al.*, 1998; Avery, 2001; 2002; Matthews *et al.*, 2005; 2006a; 2006b). Esta identificación permite realizar reconstrucciones paleoambientales y determinar el grado de representatividad del conjunto fósil en la población original, valorando así el posible sesgo existente. Frecuentemente los autores de las investigaciones asignan un predador como actor de la acumulación del nivel o secuencia estratigráfica estudiada, aunque, en ocasiones, las alteraciones identificadas sobre los restos no permiten concluir más allá de la categoría de modificación a la que pertenece el predador.

También es posible hallar conjuntos donde la acumulación se debe a la intervención de varios predadores, por lo que los restos alterados de las presas consumidas y depositadas en el sedimento están mezcladas. Un ejemplo de ello es el nivel 7 de Trinchera Penal, donde se identificó al zorro común como predador en los dos laterales de la sección estratigráfica mientras que en la zona central se identifica la acción del búho real (Fernández-Jalvo, 1995). Asimismo, en el nivel FLKN4 de Olduvai Bed-I se identificó la acción combinada de pequeños carnívoros, de comportamiento oportunista, junto con la de una rapaz de hábitos nocturnos y poca capacidad de modificación, muy posiblemente un búho de Verreaux (Fernández-Jalvo *et al.*, 1998). Igualmente, Matthews y colaboradores (2006a) sugirieron que, a pesar de que el grueso del aporte de micromamíferos de Hoedjiespunt 1 se debe a la acción de lechuzas, una pequeña parte de los restos pudo haber llegado al sustrato habiendo pasado por el tracto intestinal de las hienas responsables de la acumulación de los grandes mamíferos.

En otro trabajo, de carácter básicamente actualista, Matthews (2000; 2006) puso como ejemplo el yacimiento Elands Bay Cave (oeste de Cape, Sudáfrica) donde *Tyto alba afinis* era el responsable de la acumulación de las unidades 11, 13, 15b y 15c, y *Bubo africanus* y una pareja de otros predadores no identificados eran los responsables de las acumulaciones de 3a, 6, 8a, 8b y 9. Sin embargo, en los niveles 3b,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

3c y 4b se observó un patrón de digestión intermedio en los incisivos que sugiere una mezcla entre *Tyto alba* con algún mamífero carnívoro, aunque no fue posible concretar de que carnívoro se trata. Este tipo de mezcla entre los conjuntos de lechuza y carnívoros puede llegar a ser común en cuevas, sin embargo es difícil apreciarlo dado que la aportación de cada uno de los predadores es muy variada en cuanto a tiempo y tamaño de la agrupación (Matthews, 2006). Es decir, la rapaz tiende a utilizar el mismo reposadero durante largos periodos de tiempo, aportando al conjunto un gran número de individuos, mientras que los carnívoros, exceptuando algunas especies, tienden a cambiar de letrina regularmente (Delibes *et al.*, 1989). Consecuentemente, el tamaño de cada una de las acumulaciones, así como el NMI aportados, puede ser muy variado.

A modo de pequeño experimento, Matthews (2006) mezcló el resultado de la digestión en incisivos de un conjunto de egagrópilas de *Tyto alba* con otro aportado por *Genetta genetta*. Según esta autora, el producto resultante conduce a pensar en un predador de categoría 2 o 3 como único productor, llevando, indiscutiblemente, a interpretaciones erróneas del conjunto acumulado.

6.3. Problemática

Tal y como sugiere Matthews (2006) la posibilidad de que las regurgitaciones o defecaciones de varios predadores se mezclen tras su producción en un mismo ambiente, dando lugar a un único conjunto de microvertebrados, es alta. Sin embargo, en los conjuntos resultantes, no siempre es posible detectar la mezcla ni identificar a los predadores a través de las alteraciones que realizan sobre los restos consumidos.

De forma teórica, estas mezclas pueden producirse en circunstancias o eventos espacio-temporales diversos. Estas circunstancias podrían favorecer la aparición de alteraciones en la superficie de los restos que evidenciarán la mezcla y las condiciones de la misma. Así pues, la correcta identificación de los procesos que favorecen la mezcla, podría facilitar su detección.

Algunas de estas circunstancias o eventos están descritos a continuación (Tabla 6.1).

1. Producción en el mismo lugar de conjuntos independientes de predadores diferentes. La mezcla se produce en el mismo momento de la producción.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

2. Producción independiente y aislada espacial y/o temporalmente de cada uno de los diferentes conjuntos. La mezcla se produce posteriormente por agentes naturales postdeposicionales.

3. Producción de los conjuntos en un mismo espacio aunque de forma diacrónica. La mezcla se produciría en el caso de que la sedimentación fuera lenta durante periodos de tiempo relativamente largos.

Evento	Producción		Mezcla
	Tiempo	Espacio	
1	Sincrónico	=	Al mismo tiempo que producción
2	Diacrónico	≠	Posterior
3	Diacrónico	=	Si la sedimentación es lenta o por alteraciones postdeposicionales

Tabla 6.1. Diversas circunstancias en las que cabe la posibilidad de la mezcla de diferentes conjuntos de micromamíferos. =: mismo espacio; ≠: diferente espacio.

La primera circunstancia donde se podría dar la mezcla de varios conjuntos fue supuesta con anterioridad por Matthews (2006) entre un conjunto de lechuza y un vivérrido. Esta autora afirma que este tipo de acumulaciones son relativamente comunes en cuevas puesto que ambos predadores las utilizan para sus nidos, reposaderos o letrinas. Dichos conjuntos son difíciles de detectar puesto que la visibilidad del predador carnívoro depende del tamaño de su aportación (en número de individuos y restos alterados) frente el tamaño de la aportación de la rapaz.

La producción aislada espacial y temporalmente de cada uno de los diferentes conjuntos y la posterior mezcla de los mismos por agentes de carácter postdeposicionales está supuesta en el evento 2 (Tabla 6.1). Éste puede darse con frecuencia en yacimientos donde la procedencia sedimentaria es variada o donde los procesos postdeposicional favorecen la resedimentación o reelaboración de los restos. Cabe la posibilidad de que estos procesos no produzcan alteraciones visibles en la superficie de los restos, especialmente si éstos están todavía contenidos en la egagrópila. De esta manera, la materia orgánica que protege los restos dificultaría su alteración y la identificación de los procesos postdeposionales que conducen a la mezcla de los diversos conjuntos.

Supuestamente, y de forma natural, durante el Pleistoceno, pueden haber participado varios predadores en la producción de un conjunto de micromamíferos en un depósito, dando lugar al evento 3 (Tabla 6.1). Puede deberse, primordialmente, a la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

confluencia de diversos predadores a lo largo del tiempo en un mismo lugar. Durante su historia natural, este punto de deposición (reposadero o letrina) puede formar parte de diferentes ecosistemas y de ricos ecotonos, con biocenosis variables, y puede haber sido utilizado por varios predadores propios de cada uno de esos ecosistemas. Si tenemos en cuenta que la potencia del estrato geológico puede ser amplia y el proceso de enterramiento lento, entendemos la imposibilidad de diferenciar las hipotéticas acumulaciones heterogéneas.

Somos conscientes de que las diversas situaciones anteriormente expuestas son eventos teóricos que podrían producirse en la naturaleza de forma aislada y bajo condiciones excepcionales.

Sin embargo, independientemente de los predadores que participan en la mezcla de las agrupaciones de micromamíferos y del evento que la produce, es necesaria la identificación de la mezcla para realizar unas interpretaciones paleoecológicas correctas. Esta identificación podría realizarse a través de las alteraciones realizadas por los predadores o a través de las alteraciones postdeposicionales.

Tras la detección de la mezcla en el conjunto, puede llevarse a cabo una posible identificación de los predadores que intervienen en ella.

6.4. Hipótesis y objetivos

En la experiencia llevada a cabo en esta Tesis se analizarán e interpretarán las alteraciones observadas sobre los restos de micromamíferos actuales. Los restos de micromamíferos provienen de conjuntos originados por la mezcla de diferentes predadores conocidos. Esta experimentación consta de tres partes diferenciadas. Cada una de ellas corresponde al estudio de un conjunto teórico donde se combinan diferentes restos procedentes de predadores conocidos. Los nombres de estos conjuntos teóricos son: conjunto 1, conjunto 2 y conjunto 3.

Inicialmente estaba contemplada únicamente la simulación de mezcla de predadores estudiada del conjunto teórico 1, donde se habían descrito las hipótesis y objetivos correspondientes. Sin embargo, se advirtió que las conclusiones de este estudio conducían a nuevas cuestiones. Éstas requerían de una nueva simulación con diferentes predadores, surgiendo el estudio del conjunto 2, para el que era necesario establecer nuevas hipótesis y nuevos objetivos. Las mismas causas llevan a experimentar con el conjunto 3, con hipótesis y objetivos específicos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

De esta manera, las hipótesis y objetivos del conjunto 2 o 3 no son compresibles sin la exposición previa de las conclusiones del conjunto anterior. Por esta razón, mientras las hipótesis y objetivos generales (y del conjunto teórico 1) de esta experimentación se describen a continuación, los objetivos específicos para los conjuntos 2 y 3 se reseñarán en su correspondiente subapartado.

Se parte de la hipótesis general que postula que es posible detectar la mezcla de predadores en un conjunto mediante la aplicación de todos los parámetros de estudio propuestos por Andrews (1990). En caso contrario, se confirmaría la hipótesis sugerida por Matthews (2006). Según esta autora, se identificaría a un solo predador, inexistente entre los originarios del conjunto, conduciendo a erróneas interpretaciones paleoecológicas.

Tras la identificación de la mezcla, se pueden identificar los predadores que aportan los restos de micromamíferos. De confirmarse esta hipótesis, existen dos posibilidades: identificar a algunos o a todos los predadores implicados en la mezcla de conjuntos.

En el caso de distinguir a algunos de los autores de la mezcla, creemos que se identificarán con mayor facilidad a los predadores que aporten más individuos o número de restos. Sin embargo, es posible que también se distingan los predadores que posean capacidad de alterar los restos en grados situados en los extremos de las categorías de predación (ausente/ligera *vs* extrema).

Con la finalidad de contrastar o refutar estas hipótesis, en el presente trabajo experimental se establecen los siguientes objetivos generales:

- Aplicar a cada uno de los conjuntos mezclados todos los parámetros de estudio utilizados en la tafonomía de micromamíferos.
- Describir en cada conjunto al predador o a los predadores que se reconocen a través de las alteraciones observadas.
- Identificar y describir los parámetros del estudio tafonómico más constantes durante el proceso de mezcla.
- Hallar las características básicas que permiten definir un conjunto de micromamíferos fruto de la mezcla de varios predadores.
- Establecer patrones cuantitativos o cualitativos que permitan la correcta identificación de los predadores que intervienen en un conjunto mezcla.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.5. Material y método

Se han estudiado cuatro lotes de egagrópilas y defecaciones modernas procedentes de cuatro poblaciones francesas, todas pertenecientes al dominio atlántico (Bennàsar, 2008) (Figura 6.1 y 6.2). Los lotes pertenecen a la colección del laboratorio de Mammifères et Oiseaux del Muséum National D'Histoire Naturelle de París.

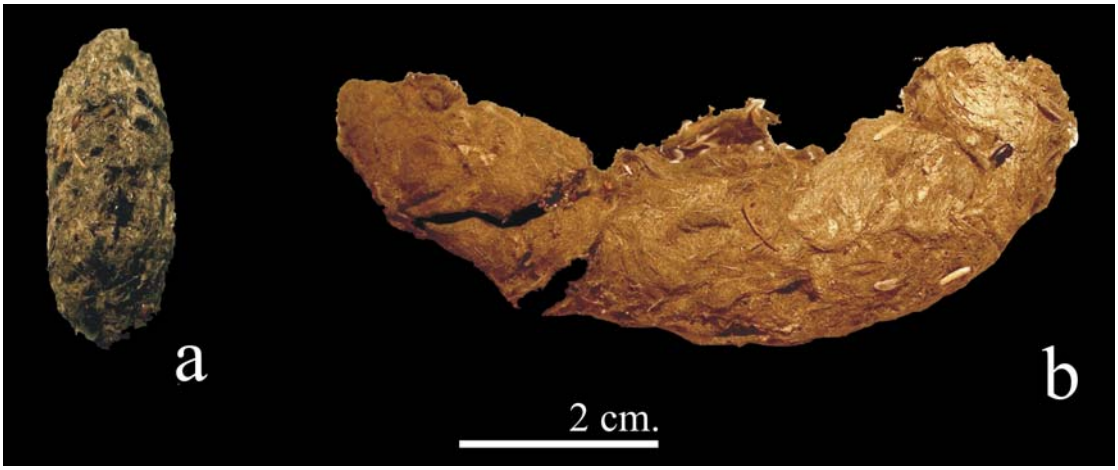

Figura 6.1. **a**. Egagrópila de *Falco tinnunculus* (lote C). **b**. hez de *Genetta genetta* (lote D).

Los lotes estudiados son los siguientes:

- **Lote A,** formado por 31 egagrópilas de la población de Cangey (Indre-et-Loire), en la región Centre. Estas egagrópilas pertenecen a un individuo adulto de *Tyto alba* (lechuza común).
- **Lote B**, formado por 17 egagrópilas procedentes del pueblo de Mesge (Somme), región Picardie, regurgitado por *Strix aluco* (cárabo común).
- **Lote C**, formado por 40 egagrópilas de *Falco tinnunculus* (cernícalo común) de Bretagne,

Figura 6.2. Situación geográfica de cada uno de los conjuntos de egagrópilas y defecaciones estudiadas.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

población francesa situada en el departamento de Indre, perteneciente a la región Centre.

- **Lote D**, formado por 30 excrementos de *Genetta genetta* (jineta común) de la población de Iholdy (Pyrénées-Atlantiques), en la región Aquitaine.

Cada uno de los predadores pertenece a una categoría de alteración diferente. Según la clasificación establecida por Andrews (1990), *Tyto alba* pertenece a la categoría 1, *Strix aluco* a la 2, *Falco tinnunculus* a la 3 y la *Genetta genetta*, un vivérrido, pertenece a la categoría 4. No existe representación de categoría 5 o extrema. Asimismo, cada uno de estos predadores ocupa un hábitat preferencial diverso. Mientras la lechuza prefiere las zonas abiertas o semi-abiertas en topografías variadas, el cárabo común y la jineta son básicamente forestales, y el cernícalo, de hábitos generalistas, se halla en acantilados, estepas, semidesiertos y bosques poco densos.

Tras deshacer cada una de las egagrópilas y los excrementos que forman estos cuatro lotes siguiendo la metodología descrita en el capítulo 5, se analizan 15.812 restos anatómicos de las presas consumidas desde el punto de vista taxonómico y tafonómico. Se utiliza, para el estudio tafonómico, el método descriptivo-sistemático de Andrews (1990) (ver capítulo 4) que analiza la representación, fracturación y digestión de los huesos largos y de todos los restos craneales. Sin embargo, para el estudio de la digestión en este trabajo se seleccionan los incisivos y fémures puesto que metodológica y estadísticamente se consideran representativos de la digestión en elementos craneales y postcraneales respectivamente. Como resultado de este análisis obtenemos información sobre las alteraciones que infieren los predadores sobre sus presas tras la ingestión y digestión de cada individuo, ayudándonos a caracterizar cada acumulación.

El conjunto que regurgita la lechuza (**lote A**) presenta numerosos restos, todos en buen estado de conservación. En líneas generales, la representación de elementos anatómicos es alta, con bajo índice de fractura en los elementos craneales y postcraneales y bajo grado de aislamiento de dientes (Bennàsar, 2008) (Tabla 6.2). Los restos alterados por digestión son pocos y alcanza grados ligeros (Tabla 6.2 y Figura 6.3). Los grados de fracturación en cráneos y de pérdida del arco cigomático son mayores que lo esperado, mientras que el grado de pérdida de dientes en las mandíbula es menor al esperado según el patrón propuesto por Andrews (1990).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El **lote B**, producido por el cárabo común, presenta una representación de elementos media (Tabla 6.2). Los índices de representación muestran una mayor presencia de los elementos postcraneales y débil destrucción preferencial de elementos distales. Todos los restos analizados muestran un índice de fractura general bajo y bajos índices de pérdida de dientes. La digestión afecta al 40% de restos postcraneales, alcanzando grados moderados. La mayor parte de los incisivos están afectados por digestión. Ésta alcanza grados fuertes (Figura 6.3), e incluso en un incisivo se ha descrito el grado extremo. Estas alteraciones son mayores a las esperados para *S. aluco* (Bennàsar, 2008).

	Lote A		**Lote B**		**Lote C**		**Lote D**	
Predadores	*Tyto alba*		*Strix aluco*		*Falco tinnunculus*		*Genetta genetta*	
Nº egagrópilas/excrementos	31		17		40		30	
Nº Restos (n)	11103		1286		553		2870	
Restos no identificados (%)	0,2		0,3		1,6		6,6	
NMI (n)	155		35		52		65	
Roedores (%)	50,3		57,1		73,1		78,6	
Insectívoros (%)	47,7		11,4		11,5		0	
Media de IAR (%)/desv. estándar	80,6/22,6		60,5/18,7		24,2/15,7		48/25,8	⇧
Pc/C	4,3		2,5	⇧	1,2		2,6	⇧
H+F/CMx+Md	1,2		1		0,7		1,4	⇧
R+T/H+F	1		0,9		0,9	⇧	0,8	⇧
Ms/Av	-		0,4		0,5		0,6	
Fractura cráneos maxilares (%) *	8	⇩	8	⇩	0	⇩	0	
Pérdida del arco cigomático (%)	54,7	⇧	45,8		77,5		92,7	⇧
Pérdida de dientes en maxilares (%)	18		31	⇩	58,3	⇩	37,7	⇩
Fractura mandíbulas (%)*	75,4		54,3		9,5		0	
Pérdida de la rama mandibular (%)	4,7		37,1		80,9		83,3	
Pérdida dientes en mandíbulas (%)	9,3	⇩	30,5	⇩	53,2	⇩	42,2	⇩
Fractura postcraneal (%)*	90,9		66,7		23,9	⇩	7,9	
Fractura dientes (%)*	0,3		1,2		16,6		30,2	
Digestión postcraneal (%)+	7,8/Lig.		41,9/Mod.		81,8/Fue.		66,2/Fue.	⇩
Digestión incisivo (%)+	14,9/Lig.		83/Fue.	⇧	89,4/Fue. •		60,2/Mod.	⇧

Tabla 6.2. Resumen de las alteraciones de los conjuntos actuales estudiados. n: Número absoluto; %: Porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lig.: ligera; Mod.: moderada. ⇧ el valor señalado es mayor que los valores esperados según los resultados de Andrews (1990) ⇩ El valor señalado es menor que los valores esperados según los resultados de Andrews (1990). • Grado fuerte con tendencia a extremo.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

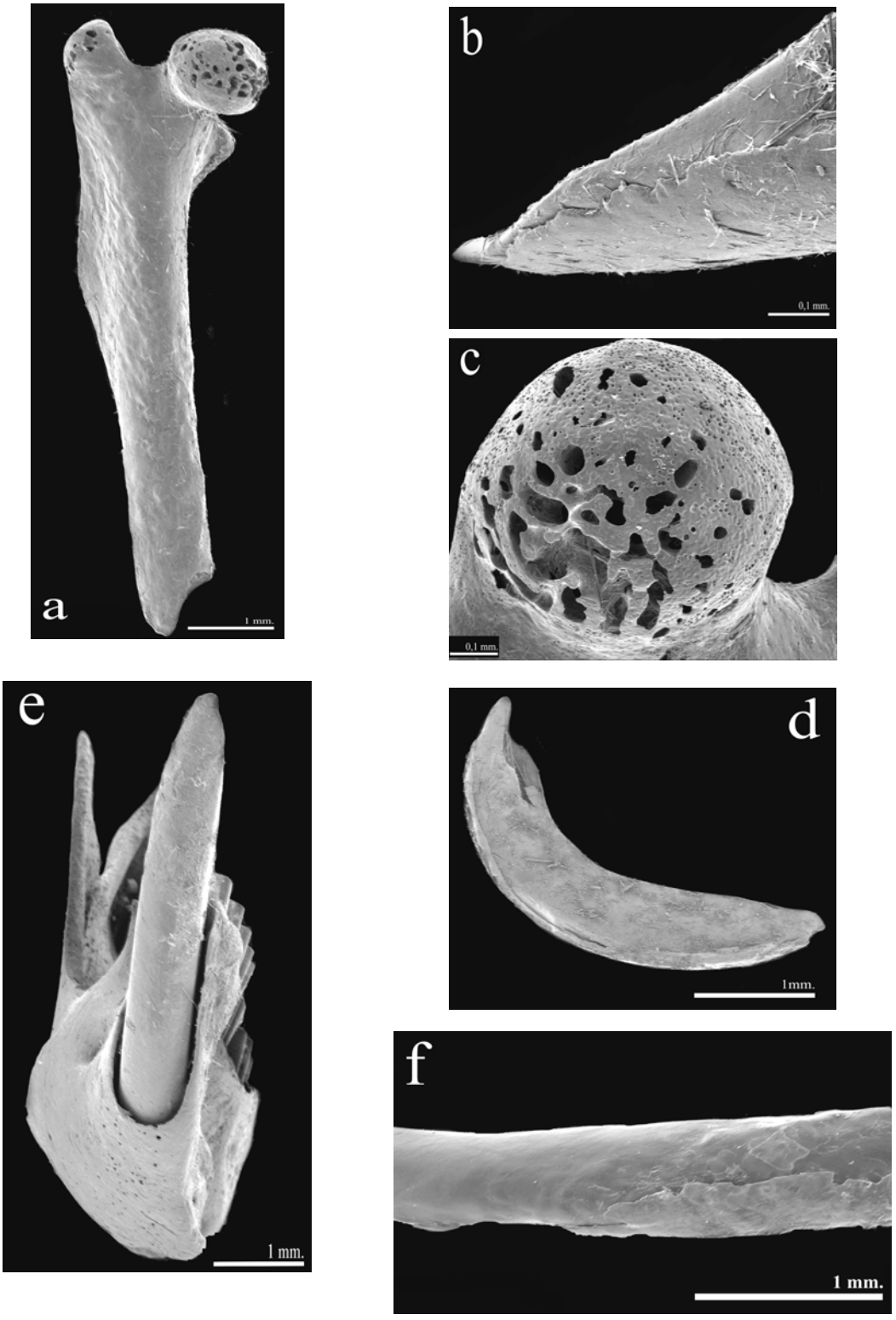

Figura 6.3. Digestión en los elementos actuales analizados. **a**. Digestión fuerte en fémur de roedor producida por *Falco tinnunculus* (lote C). **b**. Grado ligero de digestión en incisivo extraído de defecación de *Genetta genetta* (lote D). **c**. Digestión ligera en fémur de roedor producida por *Tyto alba* (lote A). **d**. Alteración fuerte en incisivo (*Falco tinnunculus*, lote C). **e**. Digestión ligera en incisivo *in situ* (*Strix aluco*, lote B). **f**. Detalle de la pérdida del esmalte en un incisivo aislado con digestión fuerte del lote B (*Strix aluco*).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El análisis de los restos del **lote C** (cernícalo común) muestra una alta pérdida de elementos anatómicos, con mejor representación de restos craneales (Tabla 6.2). Se debe puntualizar que la representación de los elementos distales es mayor de la esperada para un individuo de *F. tinnunculus*. El grado de fracturación de la muestra es alto en elementos craneales y postcraneales. Los dientes presentan valores de aislamiento altos, aunque menores de lo que cabría esperar, y de fractura muy bajos. Los elementos postcraneales alterados por digestión alcanzan grados fuertes. Entre los incisivos, los grados alcanzados son el fuerte y el extremo (Figura 6.3) (Bennàsar, 2008).

La representación anatómica de los elementos del **lote D**, producidos por *Genetta genetta*, es media (Tabla 6.2). Destacan los restos postcraneales, presentando destrucción preferencial de elementos distales. Cabe destacar que todos los valores resultantes del análisis de la representación de elementos anatómicos del lote de jineta son mayores que los esperados para esta especie. El índice de fractura es muy alto para cráneos y maxilares y alto para el resto de los elementos analizados. El porcentaje de pérdida de dientes de sus alvéolos, tanto en maxilares como en mandíbulas, son inferiores al 45%, siendo unos valores menores que los esperados. Asimismo, el grado de aislamiento y fractura de los incisivos es alto, mientras que los molares presentan el porcentaje de aislamiento moderado y de fractura pequeño. La digestión afecta a más de la mitad de los elementos postcraneales, alcanzando grados de alteración fuertes. El 60% de los incisivos están alterados por digestión, alcanzando grados moderados (Bennàsar, 2008).

Como se ha apuntado en capítulos anteriores (capítulo 4), cada uno de los predadores de micromamíferos posee, desde el punto de vista etológico, distintas particularidades que contribuyen en el grado de alteración que ejercen sobre los restos consumidos. Estas particularidades son diferenciales a nivel de grupo, de especie y de individuo estudiado.

Cada una de estas variantes puede estar sujeta a muchos condicionantes conocidos o susceptibles de ser conocidos, como la edad de la presa, edad del predador, la hora de la ingesta, la cantidad de presas contenidas en el estómago del predador, la posición de los restos en la egagrópila, etc.

Un ejemplo de estas particularidades se halla en los lotes estudiados: en ellos es posible observar que algunos parámetros de estudio poseen un grado de alteración no esperado según los grados o categoría de predación referidos en trabajos anteriores (Andrews, 1990) (Tabla 6.2).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Como se ha avanzado anteriormente, esta experimentación consta de tres partes diferenciadas. En cada una de ellas se estudia un conjunto teórico donde se combinan, de diferente manera, los restos de los lotes anteriormente descritos.

En la primera parte se utilizan los conjuntos A y D, simulando una mezcla de restos de micromamíferos consumidos por lechuza y jineta. En esta parte pretendemos profundizar en la experiencia realizada por Matthews (2006). Recordemos que ésta consiste en la fusión de los resultados de la digestión en incisivos de un conjunto de lechuza con otro de jineta, resultando un porcentaje y grado de digestión propio de un predador de categoría 2 o 3. En el presente trabajo se aplicaran todos los parámetros de estudio utilizados en la tafonomía de microvertebrados a esta mezcla experimental.

En la segunda parte se utilizarán los cuatro lotes conjuntamente (A, B, C y D) y serán estudiados como una única acumulación. La finalidad de este nuevo lote es observar al predador identificable al aumentar el número de restos alterados frente a los elementos no modificados por lechuza.

En la tercera parte se utilizarán tres de los cuatro lotes: B (*S. aluco*), C (*F. tinnunculus*) y D (*G. genetta),* excluyendo el lote A (*T. alba*). Éste último lote está formado por un gran número de individuos con alteraciones mínimas o nulas, variando la proporción entre el número de individuos y los restos alterados de la primera parte del experimento. Por esta razón, las características de la agrupación, si se elimina el lote A, van a ser sustancialmente diferentes. Así pues, en la tercera parte del experimento estarán representados los restos alterados de tres predadores pertenecientes a categorías de alteración diferente (2, 3 y 4).

6.6. Conjunto teórico 1: lote A y D

En esta primera parte del experimento se analiza como un único conjunto el grupo formado por los lotes A (*T. alba*) y D (*G. genetta).* El lote A aporta gran parte de los restos que forma el conjunto teórico 1 (Tabla 6.3).

Procedencia de los restos

	n	*%*
Lote A	11103	79,5
Lote D	2870	20,5
Total conjunto teórico 1	13973	

Tabla 6.3. Procedencia de los restos utilizados en el conjunto teórico 1. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de restos del conjunto 1.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.6.1. Representación

El número total de restos de este conjunto asciende a 13973, de los que el 98,5% ha podido ser identificado anatómica y taxonómicamente (Tabla 6.4). Todos los elementos esqueléticos, incluidos vértebras, costillas y autópodos, están presentes en la muestra.

Restos

Elementos	*n*	*%*
Cráneo	122	0,9
Maxilar	74	0,5
Mandíbula	357	2,6
Molar	2609	18,7
Incisivo	711	5,1
Arco cigomático	141	1,0
fragmentos Cráneo aislados	529	3,8
Húmero	343	2,5
Radio	272	1,9
Ulna	322	2,3
Fémur	339	2,4
Tibia	361	2,6
Cintura	485	3,5
Vértebra	2384	17,1
Autópodo	2276	16,3
Costilla	2275	16,3
restos Aves	162	1,2
Indeterminado	211	1,5
Total restos	13973	

Tabla 6.4. Restos de vertebrados extraídos y contabilizados del conjunto teórico 1. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de restos.

El NMI asciende a 220 presas, siendo la mayoría de ellas roedores (58,6%) e insectívoros (34%) (Figura 6.4).

En los roedores existe una gran variedad de especies representadas, destacando los taxones pertenecientes a la familia Arvicolidae (56,6%): *Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. subterraneus*, *Micromys minutus*, *Microtus* sp., *Chionomys nivalis*, *Clethionomys glareolus* y Arvicolidae indet. La segunda familia con mayor representación son los múridos (42,6%). Los taxones de esta familia son: *Apodemus*

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

sylvaticus, *Rattus novergicus*, *R. rattus* y Muridae indet. El 1% restante de los roedores está formado por un glírido de especie desconocida (Tabla 6.5).

Los insectívoros muestran una menor variedad de especies, destacando los crocidurinos (*Crocidura russula* y la *Crocidura* sp.), por encima de los sorícidos de pequeño tamaño (*Sorex coronatus* y *S. minutus*) (Tabla 6.5).

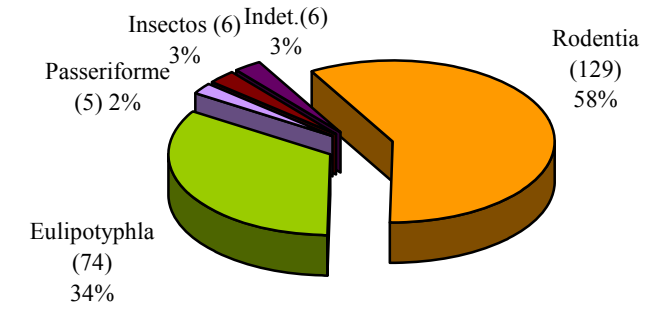

Figura 6.4. Distribución porcentual del número mínimo de individuos por ordenes identificados. Entre paréntesis el número absoluto de individuos.

NMI Mamíferos

	n	%
Rodentia		
M. arvalis	53	41,1
M. agrestis	8	6,2
M. subterraneus	1	0,8
M. minutus	1	0,8
Microtus sp.	5	3,9
C. nivalis	1	0,8
C. glareolus	2	1,6
Arvicolidae indet.	2	1,6
A. sylvaticus	8	6,2
R. novergicus	1	0,8
R. rattus	1	0,8
Muridae indet..	45	34,9
Glis sp.	1	0,8
Total Rodentia	129	
Eulipotyphla		
C. russula	63	85,1
Crocidura sp.	4	5,4
S. coronatus	6	8,1
S. minutus	1	1,4
Total Eulipotyphla	74	

Tabla 6.5. Distribución numérica (n) y porcentual (%) del número mínimo de individuos en los ordenes Rodentia y Eulipotyphla.

El NMI de este conjunto se completa con aves e insectos, y 6 individuos indeterminados. En este estudio se incluyen únicamente los mamíferos, por lo que el NMI utilizado es de 203 individuos.

Este conjunto se caracteriza por mostrar una abundancia relativa alta. Los valores oscilan entre el 65% (observado en los radios) y el 107% (molares) (Figura 6.5). La media de representación es alta (86,9%), y la desviación estándar baja (11,1),

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

indicando una buena representación general y cierta homogeneidad ene las representaciones de los diferentes elementos esqueléticos.

Los dos índices que relacionan los elementos postcraneales y los craneales indican una mejor representación de los primeros, aunque en proporciones diferentes (Tabla 6.6). Así, según el Pc/C, el número de elementos postcraneales triplica los craneales. Esto se debe a la buena representación de esta parte del esqueleto y a que este índice utiliza el número de molares aislados. En el conjunto 1, los molares aislados suponen sólo el 5,3% del total de los molares, por lo que no está reflejado el elevado número de molares de la muestra en este índice. No obstante, avanza que el grado de aislamiento de los molares es muy pequeño.

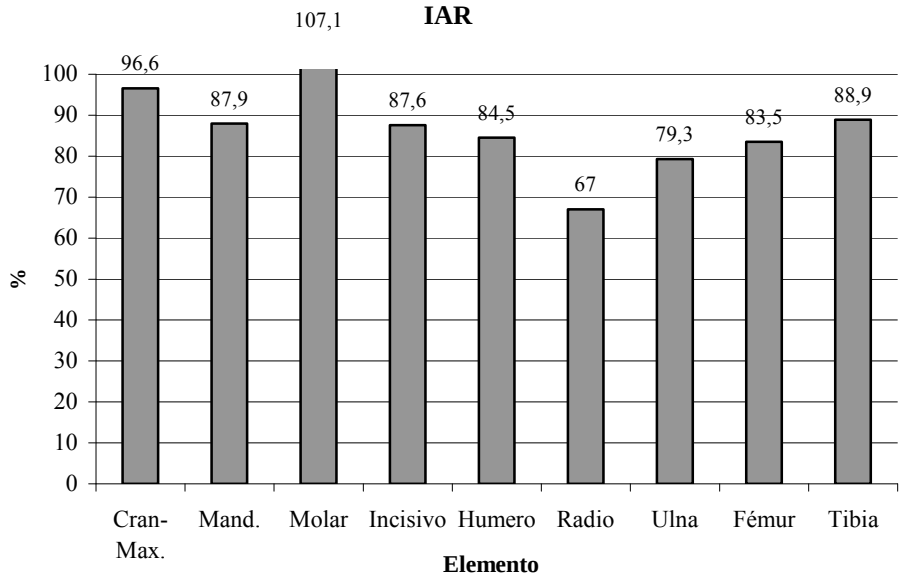

Figura 6.5. Índice de abundancia relativa del conjunto teórico 1. Cran-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

El índice H+F/CMx+Md, que indica de una forma más fidedigna la proporción entre los restos postcraneales y los craneales, muestra una mejor representación de los elementos de las extremidades aunque la diferencia existente es leve (Tabla 6.6).

El índice R+T/H+F muestra una ligera destrucción preferencial de los elementos distales de las extremidades. También existe una pérdida considerable de molares en la muestra, tal y como indica el índice que compara los molares sueltos con los alvéolos vacíos de la tabla 6.6.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índices de relación

Pc/ C	3,8
H+F/CMx+Md	1,2
R+T/H+F	0,9
Ms/Av	0,3

Tabla 6.6. Índices de relación entre postcraneal y craneal (Pc/C y H+F/CMx+Md) y distal y proximal (R+T/H+F), junto con el índice que relaciona los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av).

6.6.2. Fractura

Los elementos postcraneales aparecen, mayoritariamente, enteros (74%) (Figura 6.6). Los tipos de fractura representadas más comúnmente son las epífisis junto con pequeñas porciones de diáfisis y las epífisis aisladas.

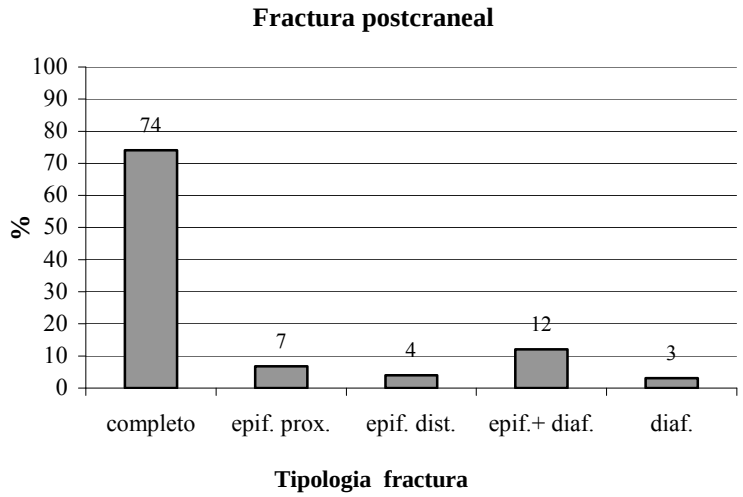

Figura 6.6. Representación de los tipos de fracturas en los restos postcraneales. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

El 61,2% de los 196 cráneos y maxilares corresponde a cráneos. Es decir, en el estudio de la fractura de la categoría llamada cráneos-maxilares cabe destacar una mayor presencia de cráneos. Sin embargo, estos restos presentan grados de rotura avanzado (tipo *c* y tipo *b*). El porcentaje de cráneos completos es del 4,1%. Al observar la tendencia de la rotura de los cráneos se espera que el grado de rotura en maxilares no sea muy abundante y que ocupe las categorías *d* y *e*. Sin embargo, se observa una mayor representación de la fractura alta o de tipo *f* (27%) (Figura 6.7).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los 141 arcos cigomáticos presentes en la muestra corresponden al 54,7% del total de los arcos esperados, pero suponen el 64% de los esperados para 196 cráneos y maxilares presentes en la muestra. La mayor parte los arcos cigomáticos están *in situ* (90,5%).

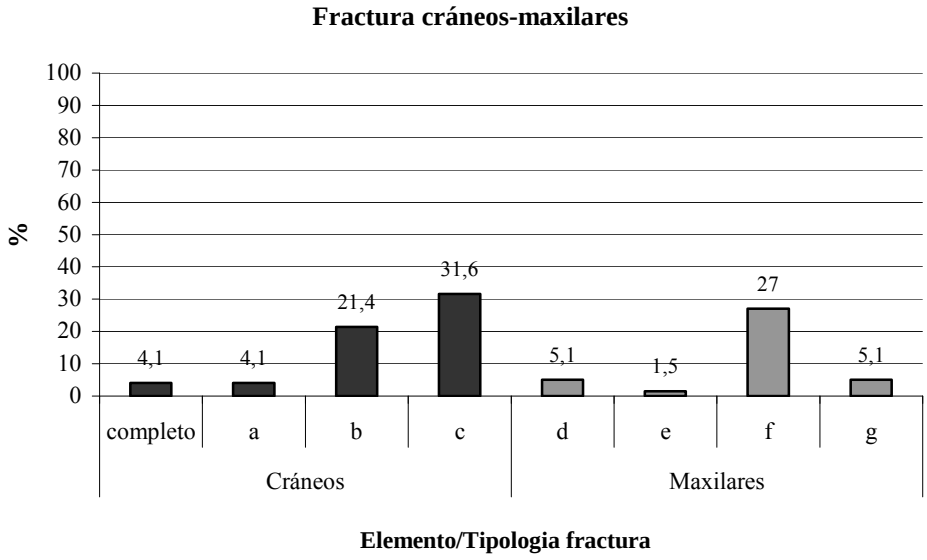

Figura 6.7. Tipo de fracturas presentes en los cráneos y maxilares.

En el conjunto 1 destacan las mandíbulas enteras (63%) y los tipos de rotura más frecuentes son los *a* y *b* (Figura 6.8). Cerca del 80% de las mandíbulas conserva de rama mandibular intacta, el 92,2% posee en perfecto estado el borde inferior, y el 50,7% conserva totalmente el diastema, revelándolos un buen estado de conservación.

El grado general de pérdida de dientes es muy bajo, aunque cabe destacar que la pérdida de incisivos y molares de sus respectivos alvéolos es mayor en las mandíbulas (20%) que en los maxilares (17%) (Tabla 6.7).

Entre los dientes del conjunto 1, los molares presentan menores porcentajes de fractura y aislamiento que los incisivos (Tabla 6.8).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

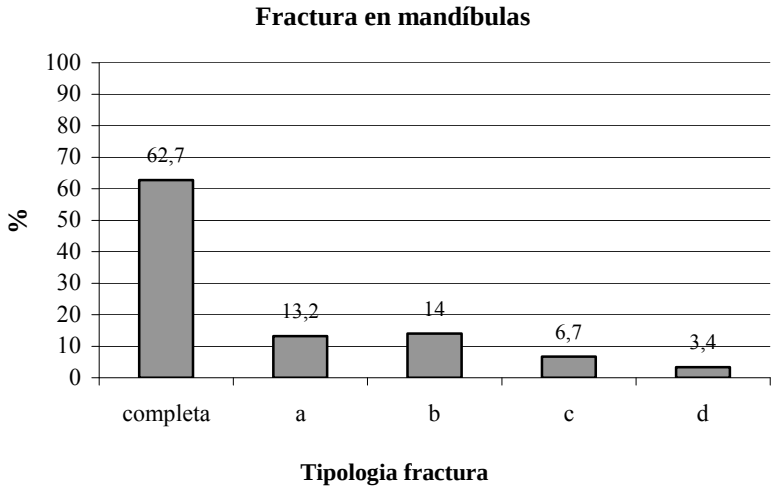

Figura 6.8. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		n perdidos	*n esperados*	*%*	*% Media*
Cran-Max.	molares	212	1071	19,8	17,3
	incisivos	35	357	9,8	
Man.	molares	266	1176	22,6	20
	incisivos	47	392	12	

Tabla 6.7. Molares e incisivos perdidos en los alvéolos de cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.). n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	3	0,1
		Enteros	2466	94,5
	Aislados	Rotos	11	0,4
		Enteros	129	4,9
	Total		2609	
Incisivos	*In situ*	Rotos	32	4,5
		Enteros	510	71,7
	Aislados	Rotos	92	12,9
		Enteros	77	10,8
	Total		711	

Tabla 6.8. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total molares o incisivos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.6.3. Digestión

Gran parte de los incisivos y fémures del conjunto teórico 1 carecen de alteraciones por digestión (76% y 79%, respectivamente) (Tabla 6.9).

Las alteraciones en grado ligero predominan en los incisivos que presentan digestión, aunque existen algunos con grados de alteración moderada y extrema (Tabla 6.9). La alteración por digestión sigue una tendencia diferencial según el resto analizado (incisivos o fémures) y su situación (aislado o *in situ*, en el caso de los incisivos). Mientras los incisivos *in situ*, tanto superiores como inferiores, tienden a carecer de digestión, los incisivos aislados presentan trazas de digestión en grados mayores.

Entre los fémures con digestión cabe destacar el grado ligero, aunque la alteración alcanza grados moderados y fuertes.

Digestión

	Incisivos		*Fémures*	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	515	76,2	264	78,8
Ligera	140	20,7	54	16,1
Moderada	20	3	14	4,2
Fuerte	0	0	3	0,9
Extrema	1	0,1	0	0
Total*	676		335	

Tabla 6.9. Grado de digestión por elementos. Número (n) y porcentaje (%) de incisivos y fémures alterados por digestión y grado que presentan. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de incisivos y fémures. * Se han excluido 35 incisivos y 4 fémures debido al grado de rotura que presentan.

6.6.4. Discusión predador/predadores

En líneas generales, y según el análisis realizado, el conjunto se caracteriza por estar formado por un alto número mínimo de individuos y por una alta preservación de los elementos esqueléticos de estos individuos (Tabla 6.10).

Como se ha observado anteriormente, cerca del 24% de los incisivos presentan alteración por digestión. Esta digestión alcanza grados moderados e incluso extremos, aunque el grado más abundante es el ligero. Esta divergencia entre los grados de digestión podría ser un primer indicio que sugiriera la posible mezcla de predadores en la muestra. Sin embargo, y puesto que sólo un resto presenta digestión extrema, se

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

podría justificar mediante la existencia de variabilidad intraespecífica de la especie a la que pertenece el predador o mediante particularidades individuales del predador productor. También se podría buscar argumentación en la variabilidad de los grados de alteración según el tiempo que permanecen los restos en el estómago, la posición de estos restos en el estómago, la existencia de pelo y plumas que envuelvan los restos óseos para la regurgitación, etc. Por ello se podría buscar un posible predador en la categoría de alteración D_I 2, a pesar de que exista un elemento extremadamente digerido.

Además, la digestión en el 21% de los restos postcraneales, generalmente en grado ligero y moderado, indica que el posible predador se sitúa entre las categorías D_P 1 y 2.

Conjunto teórico 1	
Predadores	*Tyto alba* *Genetta genetta*
Nº total egagrópilas/excrementos	61
Nº Restos (n)	13973
Restos no identificados (%)	1,5
NMI (n)	220
Roedores (%)	58,6
Insectívoros (%)	33
Media de IAR (%)/desv. estándar	86,9/11,1
Pc/C	3,8
H+F/CMx+Md	1,2
R+T/H+F	0,9
Ms/Av	0,3
Fractura cráneos maxilares (%) *	4,1
Pérdida del arco cigomático (%)	64
Pérdida de dientes en maxilares (%)	17,3
Fractura mandíbulas (%)*	62,7
Pérdida de la rama mandibular (%)	20
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	20
Fractura postcraneal (%)*	74
Fractura dientes (%)*	9
Digestión postcraneal (%)+	21,2/Mod.-Fue.
Digestión incisivo (%)+	23,8/Mod.-Ext.

Tabla 6.10. Resumen de las alteraciones del conjunto teórico 1. n: número absoluto; %: Porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada; Fue.: fuerte; Ext.: extrema.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cuanto a la representación de elementos, destaca el elevado número de elementos que forman la muestra, donde se encuentran todos los segmentos esqueléticos. Existe escasa pérdida de los elementos esperados para los 203 individuos mamíferos (Tabla 6.10). Hay una buena proporción entre elementos craneales y postcraneales, así como entre los elementos postcraneales referidos a huesos distales y proximales de las extremidades. Esta excelente representación de elementos indica la intervención de un predador de baja categoría de alteración, posiblemente de grado 1.

El análisis del grado de fractura de los restos indica que la mayor parte de ellos están en buen estado de preservación (Tabla 6.10). No obstante, los restos enteros, que suponen cerca del 65% de la muestra, están combinados con pequeños porcentajes de fractura en grados fuertes o extremos (entre del 7-10% de los elementos). Por su parte, la pérdida de dientes es, tanto en mandíbulas como en maxilares, baja y los dientes están, generalmente, enteros. Así, teniendo en cuenta la proporción de elementos enteros respecto a los elementos fracturados sería posible atribuir la acumulación a un predador de categoría de alteración 2.

Así, y a modo de resumen de lo anteriormente expuesto, la digestión sugiere un predador de categoría 1 o 2, con un grado de representación general correspondiente a un predador de categoría 1 y un grado de fractura atribuible a un predador de categoría 2. Esta variabilidad en los grados de alteración debería llamar la atención del investigador y ser interpretada como un indicio de la mezcla de predadores. A pesar de ello, cabe la posibilidad de que estas divergencias sean atribuidas a la variabilidad de las relaciones interespecíficas (predador-presa), a la variabilidad intraespecífica de la especie a la que pertenece el predador, o incluso a la propia variabilidad del individuo que realiza la predación.

Para contrarrestar esta posibilidad, se deben observar las fracturas de los elementos con mayor detalle. En el análisis es posible advertir la combinación entre un grupo formado por un elevado número de restos sin fractura o con fracturas poco importantes, junto con un pequeño grupo de restos con fracturas fuertes. Entre ambos grupos, se halla un reducido número de elementos con fracturas moderadas. Es decir, se distingue una menor presencia del grado central cuando, generalmente, la fracturación tiende a ser gradual. Al mismo tiempo, esta ausencia permite describir la presencia de dos grupos de grados de alteración diferenciados. En este sentido, si se observan de nuevo los 37 elementos con mayor grado de digestión, es posible ver que éstos presentan también grados de fractura moderados o fuertes. Al contrario de lo que sucedía con las divergencias en los grados de digestión y los grados generales de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

alteración, las características observadas en la fractura no pueden ser atribuidas a la variabilidad de la relación predador-presa.

De este modo, la presencia de variabilidad en un parámetro de estudio puede justificarse mediante las características etológicas variables de los predadores y de la relación predador-presa. Si, al contrario, esta variabilidad se repite en algún otro parámetro, se debería considerar la presencia de una mezcla.

Se podría afirmar que los parámetros que permiten la detección de la mezcla en este conjunto son la digestión (sobre todo en incisivos) y la fractura general de la muestra, puesto que ambos puntos de estudio presentan una versatilidad de grados de alteración poco frecuente entre los predadores actuales estudiados. Además la disparidad entre los grados de alteración generales de la representación, la fractura y la digestión de la muestra contribuiría a identificar una mezcla.

Como predador principal se podría proponer a uno perteneciente a la categoría 1 o ligera, dado el alto número de restos con ausencia o con poca alteración, concretando en *T. alba* (lechuza común) entre las posibles especies candidatas. Así, se consideraría al segundo predador como el causante del aumento de los valores de fractura de postcraneal y mandíbulas, de pérdida de arcos cigomáticos y el porcentaje y grado de afección de restos por digestión. Estos valores, a pesar de no ser muy visibles en el conjunto, son, en general, mayores a los presentes en las asociaciones formadas por lechuza. No obstante, este segundo predador acumulador quedaría sin definir por falta de datos que confirmaran la especie o categoría de alteración a la que perteneciera.

Para poder definir el segundo autor del conjunto se podrían aislar los restos con mayores grados de digestión, intentando observar si pertenecen a diversas especies de presas. El conjunto estudiado está dominado por arvicólidos, múridos e insectívoros. El grado de digestión observado entre los diferentes taxones de roedores presenta una gran homogeneidad, si bien es verdad que los insectívoros presentes en la muestra carecen de alteraciones. Este último dato no puede relacionarse exclusivamente con la acción de un predador concreto, aunque son muy frecuentes los restos de insectívoros en los conjuntos acumulados por lechuza. En este sentido, también se observan alteraciones por digestión en grado ligero y moderado en los restos del único glírido (*Glis* sp.), muy posiblemente lirón gris, y del topillo rojo (*Cletrhionomys glareolus*) (Tabla 6.5). Estas especies están presentes en la dieta de varias rapaces y pequeños carnívoros. Las rapaces como el cárabo (*S. aluco*), la lechuza, el búho real (*Bubo bubo*), el ratonero *(Buteo buteo*), y los pequeños carnívoros como el meloncillo (*Herpestes ichneumon*), el tejón (*Meles meles*), la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

jineta (*G. genetta*) consumen glíridos de forma ocasional, siendo su frecuencia de aparición en la dieta muy esporádica (Manzanares, 2003). En cuanto a los predadores más comunes de *C. glareolus* destacamos a la lechuza, el cárabo, la jineta, el zorro y otros pequeños y medianos carnívoros. Es decir, el lirón y el topillo rojo son especies más o menos comunes en las egagrópilas y los excrementos de varias especies de rapaces y pequeños mamíferos. Consecuentemente, tampoco podríamos determinar el segundo predador distinguiendo entre los diferentes grados de alteración en los taxones.

El estudio de las características de cada uno de los conjuntos estudiados de forma individual permite dilucidar las hipotéticas razones por las que no es posible detectar al segundo predador en el conjunto. En los resultados de este conjunto se observa que los restos y alteraciones aportados por lechuza no permiten percibir, de forma clara, la presencia de los restos aportados por *G. genetta* (jineta). Hipotéticamente, la causa podría hallarse en el número de restos y el grado de alteración que tienen en el conjunto aportado por ambos predadores. Así, y a pesar de que el número de egagrópilas aportadas por lechuza (31) sea similar al de excrementos de jineta (30), la primera aporta más de 11100 restos de los 13973 totales. Es decir, la lechuza aporta el 79% de los restos totales de la muestra.

La mayoría de los restos aportados por lechuza carecen de alteración o presentan grados de modificación ligeros, situándose en la categoría de alteración 1. Así, la lechuza se encuentra en una categoría de alteración ubicada en uno de los extremo de la tabla de categorías realizada por Andrews (1990). En cambio, gran parte de los restos del lote D (jineta) presentan grados de alteración moderados y fuertes, situándose en la categoría 4. Esta categoría de alteración podría verse atenuada con mayor facilidad por alteraciones de grado inferior, dificultando la correcta identificación. Esta podría ser otra hipotética causa de la invisibilidad de jineta en la mezcla simulada.

Así, nos preguntamos ¿cómo de grande debe ser el conjunto que acompaña al de lechuza para que sea visible a su lado? ¿qué se requiere para que no sea posible ver a la lechuza, sino a un predador de categoría 2 o 3, como en el ejemplo de Matthews (2006)?. Hipotéticamente, si se aumenta el NMI y, así, el número de elementos alterados, con grados de alteración mayores, podemos llegar a determinar un segundo predador. Posiblemente, este aumento concluya con la desaparición de los signos de lechuza, evidenciándonos la presencia de otro predador, tal vez no incluido en la mezcla.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Para comprobar esta hipótesis, en el segundo experimento ensayamos con la incorporación al conjunto estudiado de los lotes B y C, de *S. aluco* y *F. tinnunculus*, conscientes de que la mezcla de estos predadores tan dispares es poco probable en la naturaleza.

6.6.5. Conclusiones del conjunto teórico 1

En el conjunto teórico 1 se simula la mezcla de restos depositados por lechuza (lote A) y jineta (lote D). Los resultados permiten concluir que es posible detectar dicha mezcla mediante la aplicación de todos los parámetros de estudio del método propuesto por Andrews (1990). De esta manera se contradice la afirmación realizada por Matthews (2006). Esta autora analiza la digestión en incisivos de un conjunto de micromamíferos aportados por lechuza y jineta y concluye que no es posible detectar la mezcla. Además, afirma que se identificaría un predador de categoría 2 o 3 como autor del conjunto.

Asimismo, otra de las conclusiones a las que se llega con este estudio es que es posible identificar a alguno de los autores de la mezcla. El predador identificado es la lechuza común. Esta rapaz aporta mayor número de restos al conjunto (cerca del 75%) y con menor grado de alteración (ausente/ligero), características que favorecerían su visibilidad dentro de la mezcla.

A pesar de que es posible observar la presencia de otro predador, éste (la jineta), no ha podido ser determinado a través del estudio de las alteraciones. Este predador aporta un menor número de restos al conjunto con grados de alteración fuertes. Ello podría favorecer la invisibilidad en la mezcla simulada.

Los resultados indican que los parámetros que facilitan la detección de la mezcla en este conjunto son la digestión y la fractura general de la muestra. Además la disparidad entre los grados de alteración generales de la representación, la fractura y la digestión de la muestra contribuiría a identificar una mezcla. No obstante, y para poder crear un patrón, es necesario confirmar esta hipótesis mediante el estudio de un conjunto con características diferentes (conjunto teórico 2). Así, hasta el momento, el estudio de este conjunto no permite crear patrones cualitativos ni cuantitativos que permitan identificar a los predadores que intervienen en una mezcla de conjuntos fósiles.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.7. Conjunto teórico 2: lotes A, B, C y D

La segunda parte del experimento pretende analizar como un único conjunto el grupo formado por los lotes A (*T. alba* o lechuza común), B (*S. aluco* o cárabo común), C (*F. tinnunculus* o cernícalo común) y D (*G. genetta* o jineta común). Cada uno de estos lotes aporta diferente número de elementos al conjunto total, destacando que el 70% del total provienen del lote A (Tabla 6.11).

Procedencia de los restos

	n	*%*
Lote A	11103	70,2
Lote B	1286	8,1
Lote C	553	3,5
Lote D	2870	18,2
Total conjunto teórico 2	15812	

Tabla 6.11. Procedencia de los restos utilizados en el conjunto teórico 2. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de restos del conjunto teórico 2.

6.7.1. Hipótesis y objetivos específicos

En este conjunto teórico 2 se plantea la hipótesis específica de que si se aumenta el número de restos y de elementos alterados en el conjunto, será posible identificar algún otro predador además de la lechuza.

Con la finalidad de contrastar todas las hipótesis (generales y específicas) en la simulación de mezcla del conjunto 2 se pretende:

- Aumentar el número de restos alterados frente a los elementos no modificados por lechuza con la finalidad de observar a otro predador autor de la acumulación o bien identificar a un predador de categoría 2 o 3, como en el ejemplo de Matthews (2006).
- Valorar y reafirmar que las características básicas para la correcta identificación de un predador en la mezcla son el número de restos que aporta un predador a la acumulación y el grado de alteración que éstos presentan.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.7.2. Representación

El número total de restos asciende a 15812, siendo posible identificar a nivel anatómico y/o taxonómico el 98,6% de ellos. Se han hallado todas las partes esqueléticas de micromamíferos representadas, incluso un gran número de vértebras, autópodos y costillas (Tabla 6.12).

Restos		
Elementos	*n*	*%*
Cráneo	138	0,9
Maxilar	103	0,7
Mandíbula	434	2,7
Molar	3041	5,6
Incisivo	890	19,2
Arco cigomático	176	1,1
fragmentos Cráneo aislados	582	3,7
Húmero	392	2,5
Radio	305	1,9
Ulna	362	2,3
Fémur	394	2,5
Tibia	420	2,7
Cintura	531	3,4
Vértebra	2663	16,8
Autópodo	2529	16,0
Costilla	2463	15,6
restos Aves	162	1
restos Anfibios	3	0,02
Indeterminado	224	1,4
Total restos	15812	

Tabla 6.12. Restos de vertebrados extraídos y contabilizados del conjunto teórico 2. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de restos.

Se ha estimado un número mínimo de individuos de 307 presas. La mayor parte de los individuos son roedores (60,9%) e insectívoros (27,4%) (Figura 6.9), aunque se han hallado también elementos pertenecientes a passeriformes y anuros, y quitina de insectos. Por el contrario, 18 individuos no han sido asignados a una especie concreta.

En los roedores existe una gran variedad de especies, destacando los taxones pertenecientes a la familia Arvicolidae (68,4%). Este grupo lo componen *Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. subterraneus*, *Micromys minutus*, *Microtus* sp., *Chionomys nivalis*, *Clethionomys glareolus* y Arvicolidae indet. Los múridos son el segundo

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

grupo más abundante en los roedores (31,6%), representados por los taxones *Apodemus sylvaticus*, *Rattus novergicus*, *Rattus rattus*, Muridae indet. Finalmente destaca la presencia de un glírido de especie desconocida (Tabla 6.13).

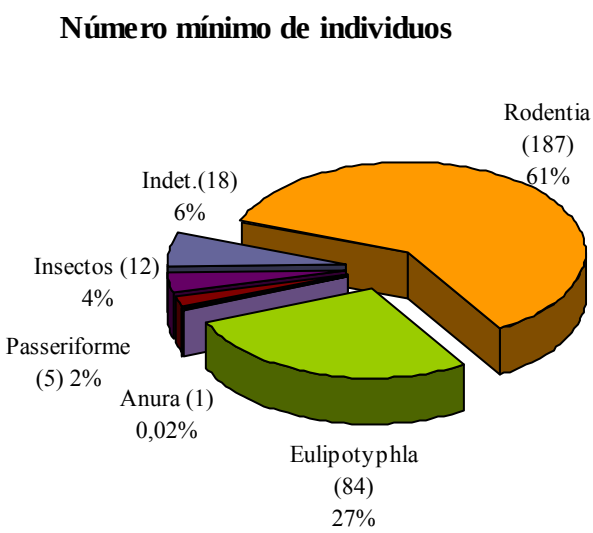

Figura 6.9. Distribución porcentual del número mínimo de individuos por ordenes identificados. Entre paréntesis el número absoluto de individuos.

NMI Mamíferos

	n	%
Rodentia		
M. arvalis	72	38,5
M. agrestis	9	4,8
M. subterraneus	4	2,1
M. minutus	1	0,5
Microtus sp.	37	19,8
C. nivalis	1	0,5
C. glareolus	2	1,1
Arvicolidae indet.	2	1,1
A. sylvaticus	9	4,8
R. novergicus	2	1,1
R. rattus	1	0,5
Muridae indet..	46	24,6
Glis sp.	1	0,5
Total Rodentia	187	
Eulipotyphla		
C. russula	66	78,6
Crocidura sp.	8	9,5
S. coronatus	9	10,7
S. minutus	1	1,2
Total Eulipotyphla	84	

Tabla 6.13. Distribución numérica (n) y porcentual (%) del número mínimo de individuos en los ordenes Rodentia y Eulipotyphla.

Por su parte, los insectívoros manifiestan una menor variedad de especies representadas. Destacan los crocidurinos (*Crocidura russula* y *Crocidura* sp.) y los sorícidos de pequeño tamaño (*S. coronatus* y *S. minutus*) (Tabla 6.13).

La asociación se caracteriza por un gran número de restos y la presencia de un alto número de individuos. No obstante, si se tiene en cuenta la proporción entre partes esqueléticas en relación al NMI se observa que el rango por el que oscilan los valores de los elementos es entre el 56% y el 94% (Figura 6.10). El promedio de representación indica que la pérdida de elementos es del 23,3% de los restos esperados, mientras que la desviación estándar indica cierta homogeneidad entre las diferentes representaciones de los elementos (11,3).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

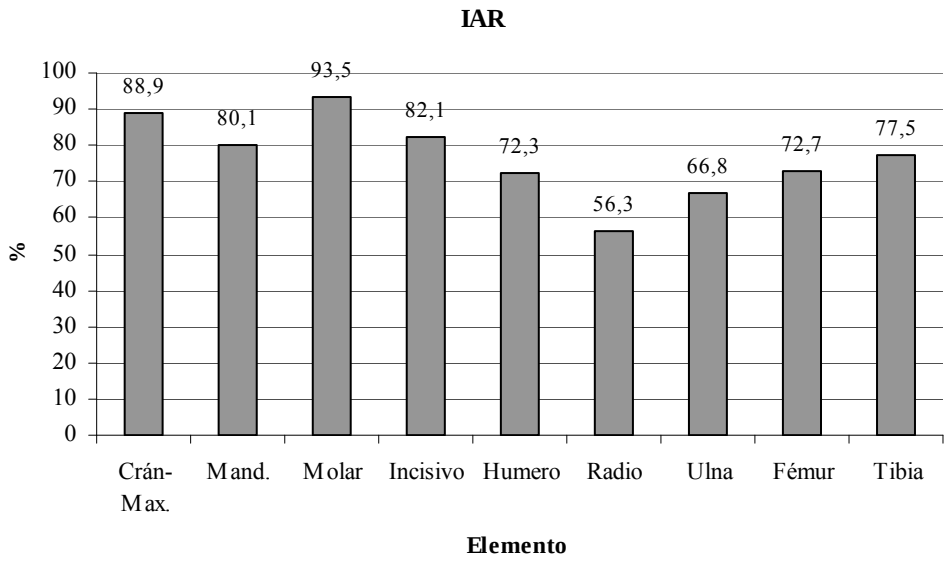

Figura 6.10. Índice de abundancia relativa. Cran-Max.: Cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

Los índices de relación de elementos postcraneales y craneales indican una mejor representación de las extremidades, aunque según el Pc/C, los elementos de las extremidades triplican a los elementos del cráneo. Esto se debe, al igual que sucedía con la asociación anterior, a que el número de molares utilizados en este índice suponen únicamente el 7,7% del total de los molares, siendo una porción muy pequeña de los molares totales. Sin embargo, el índice H+F/CMx+Md, precisa que la diferencia existente es muy leve (Tabla 6.14).

El índice R+T/H+F muestra una ligera destrucción preferencial de los elementos distales de las extremidades. El índice que compara los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av) indica que existe una importante pérdida de molares en la muestra (Tabla 6.14).

Índices de relación	
Pc/ C	3,3
H+F/CMx+Md	1,2
R+T/H+F	0,9
Ms/Av	0,3

Tabla 6.14. Índices de relación entre postcraneal y craneal (Pc/ C y H+F/CMx+Md), entre distal y proximal (R+T/H+F) junto con el índice que relaciona los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.7.3. Fractura

Los elementos postcraneales enteros suponen más del 70% del total de los huesos largos. En los fragmentos, destacan las porciones formadas por una epífisis y una diáfisis y el grupo de las epífisis, tanto proximales como distales (Figura 6.11).

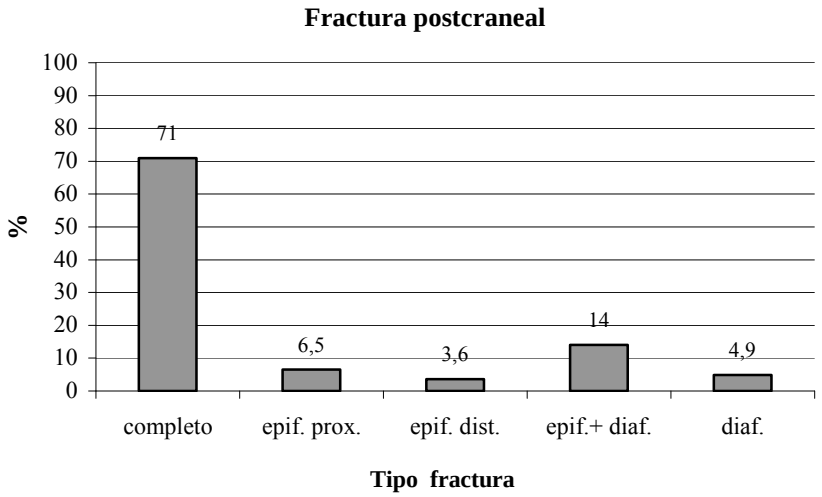

Figura 6.11. Representación de los tipos de fracturas en los restos postcraneales. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

Al igual que en el conjunto teórico 1, existe una mayor presencia de cráneos en la categoría de cráneos-maxilares. Los cráneos presentan, mayoritariamente, grados de rotura avanzado (tipos *b* y *c*). De igual modo, los tipos de fractura más representados entre los maxilares son los avanzados (tipos *f* y *g*). Llama la atención la baja representación de los tipos *d* y *e* de rotura en maxilares (Figura 6.12).

En cuanto a los arcos cigomáticos, cabe destacar que cerca de la mitad (48,3%) se haya *in situ*.

El grado de fracturación general de las mandíbulas es bajo. Cerca del 57% de los elementos analizados están enteros y, entre las mandíbulas fracturadas, destacan los grados de menor fractura (tipos *a* y *b*, que suponen cerca del 30% de los restos) (Figura 6.13).

El 74,4% de las mandíbulas conserva la rama mandibular intacta, el 84,1% mantiene en perfecto estado el borde inferior, y el 60% presenta diastema, indicando un buen estado de conservación.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

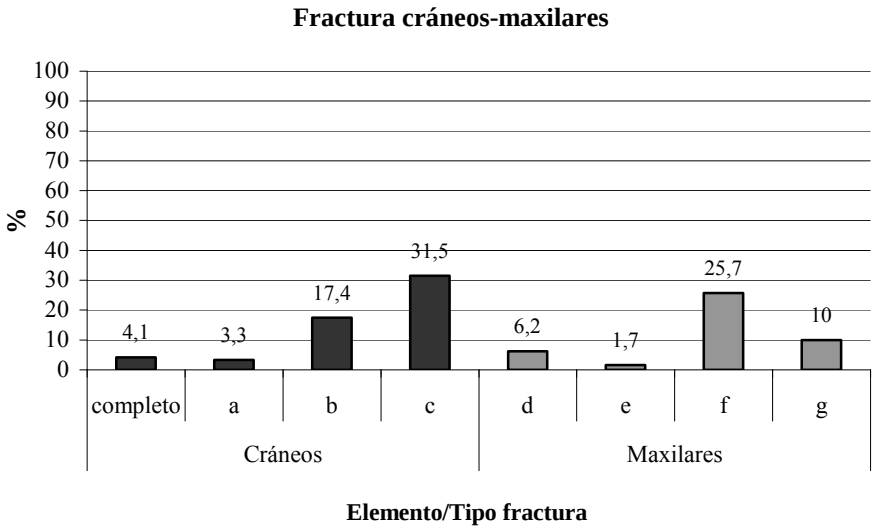

Figura 6.12. Tipo de fracturas presentes en los cráneos y maxilares.

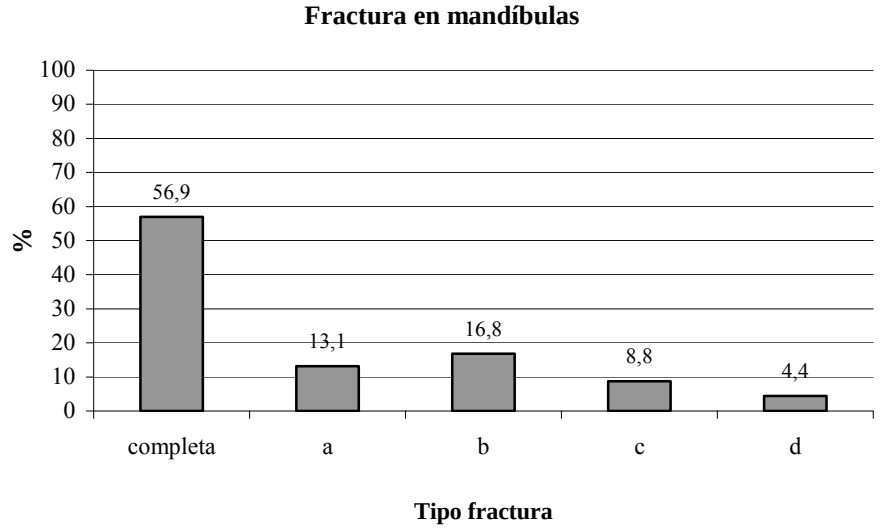

Figura 6.13. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas.

En la tabla 6.15 se puede observar que el grado de pérdida general de los dientes de sus respectivos alvéolos, tanto molares como incisivos, oscila entre el 17 y el 27%. La pérdida de dientes en los cráneos-maxilares es mayor que en las mandíbulas debido a la mayor porosidad de los primeros.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		n perdidos	*n esperados*	*%*	*Media %*
Cran-Max.	molares	394	1446	27,2	26,9
	incisivos	125	482	25,9	
Man.	molares	293	1302	22,5	21,1
	incisivos	74	434	18,5	

Tabla 6.15. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en los alvéolos de cráneos maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.). n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Los molares fracturados, tanto fuera de sus alvéolos como *in situ*, son escasos. El grado de aislamiento que presentan es inferior al 8%. Por su parte, los incisivos muestran un porcentaje de fractura del 17,7% y de aislamiento del 31,9% (Tabla 6.16).

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	11	0,4
		Enteros	2795	91,9
	Aislados	Rotos	22	0,7
		Enteros	213	7
	Total		3041	
Incisivos	*In situ*	Rotos	37	4,2
		Enteros	569	63,9
	Aislados	Rotos	120	13,5
		Enteros	164	18,4
	Total		890	

Tabla 6.16. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

6.7.4. Digestión

Gran parte de los elementos del conjunto teórico 2 carecen de alteraciones relacionadas con la acción de jugos gástricos (Tabla 6.17).

En los elementos con digestión, el grado más representado es el ligero, tanto en incisivos como en fémures. El mayor grado de alteración alcanzado en los dientes es el extremo, mientras que en los fémures es el fuerte (Tabla 6.17).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Digestión

	Incisivo		*Fémur*	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	536	64,2	286	73,7
Ligera	187	22,4	78	20,1
Moderada	69	8,3	20	5,2
Fuerte	29	3,5	4	1
Extrema	14	1,7	0	0
Total*	835		388	

Tabla 6.17. Grado de digestión por elementos. Número (n) y porcentaje (%) de incisivos y fémures alterados por digestión y grado que presentan. *55 incisivos y 6 fémures no se han contemplado debido a las roturas en el extremo oclusal del diente o en las epífisis del hueso.

6.7.5. Discusión: predador/predadores

Los resultados del análisis indican que el conjunto se caracteriza por estar formado por un elevado número mínimo de individuos y de número de restos, así como por una alta preservación general de los elementos de estos individuos (Tabla 6.18).

En cuanto a la alteración por digestión, cabe destacar que afecta al 36% de los incisivos y al 26% de los huesos. En diente, el grado máximo alcanzado es el fuerte y extremo, aunque este último en pequeños porcentajes (Tabla 6.18). En elementos postcraneales predomina el grado moderado. La digestión en incisivos sugiere la intervención de un predador de categoría D_I 3, señalando como posible autor a un vivérrido. Sin embargo, la digestión en postcraneal es menor a la esperada para la acción de un vivérrido, puesto que éstos generalmente alteran entre el 50 y el 70% de la muestra. La digestión en postcraneal sugiere la intervención de una rapaz nocturna de categoría D_P 2. La disconformidad que existe en el porcentaje y grado de alteración que presentan los dientes y los elementos postcraneales puede ser un primer indicio que sugiera una posible mezcla de predadores en el conjunto estudiado.

En cuanto a la representación de los restos, cabe destacar la presencia de todos los elementos esqueléticos. La preservación de estos elementos es alta (Tabla 6.18), indicando que la muestra está formada por gran parte de los elementos esperados para los 271 mamíferos contabilizados. Existe buena proporción entre elementos craneales y postcraneales, y entre los huesos distales y proximales de las extremidades. Esta representación de elementos indica la intervención de un predador de baja categoría de alteración, posiblemente de grado 1.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La fractura en postcraneal, mandíbulas y dientes es, en general, baja (Tabla 6.18). A pesar de que gran parte de estos restos se presentan enteros (cerca de un 60% total), parte de los elementos fracturados, presentan grados de fractura medios y avanzados (un 20% del total). La pérdida de dientes es baja y la mayoría de los dientes están enteros. Teniendo en cuenta la proporción de elementos enteros respecto a los elementos fracturados sería posible atribuir la acumulación a un predador de categoría de alteración 2.

Conjunto teórico 2	
Predadores	*Tyto alba* *Strix aluco* *Falco tinnunculus* *Genetta genetta*
Nº total egagrópilas/excrementos	118
Nº Restos (n)	15812
Restos no identificados (%)	1,4
NMI (n)	307
Roedores (%)	61
Insectívoros (%)	27
Media de IAR (%)/desv. estándar	76,7/11,3
Pc/C	3,3
H+F/CMx+Md	1,2
R+T/H+F	0,9
Ms/Av	0,3
Fractura cráneos maxilares (%) *	4,1
Pérdida del arco cigomático (%)	63,5
Pérdida de dientes en maxilares (%)	26,9
Fractura mandíbulas (%)*	56,9
Pérdida de la rama mandibular (%)	25,6
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	21,1
Fractura postcraneal (%)*	71
Fractura dientes (%)*	9,4
Digestión postcraneal (%)+	26,3/Mod.-Fue.
Digestión incisivo (%)+	35,8/Fue.-Ext.

Tabla 6.18. Resumen de las alteraciones del conjunto teórico 2. n: Número absoluto; %: Porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada; Fue.: fuerte; Ext.: extrema.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Sin embargo, la observación general del grado de fracturación del conjunto más allá del porcentaje de elementos fracturados *versus* los elementos enteros permite dilucidar la presencia de dos grupos de grados de rotura. El primer grupo está formado por un elevado número de restos sin fractura o con fracturas poco importantes, mientras que el segundo grupo, de menor tamaño que el primero, posee fracturas de grado moderado y fuerte. En el caso de los cráneos-maxilares, es posible advertir que, entre los grados de fractura ligeros y fuertes, existe una escasez de elementos con fracturas moderadas. Es decir, se distingue una menor presencia del grado de fracturación central cuando, generalmente, tiende a ser gradual. Además, si se observan de nuevo los 136 elementos con mayor grado de digestión (moderado, fuerte y extremo) es posible ver que éstos presentan también grados de fractura fuertes y/o extremos.

A modo de resumen, los diferentes parámetros de estudio indican categorías de predadores diferentes. La digestión indica un predador de categoría 2 o 3, mientras que el grado de representación general corresponde a un predador de categoría 1 y el grado de fractura a uno de la categoría 2. Esta variabilidad en los grados generales de alteración puede ser interpretada como un indicio de la mezcla de distintos predadores. Sin embargo, cabe la posibilidad de que sea atribuida a la variabilidad de las relaciones interespecíficas (predador-presa) o la variabilidad intraespecífica de la especie a la que pertenece el predador. De esta manera, se podría señalar a un predador de categoría de alteración general 2 con baja modificación en la representación del conjunto y alta digestión en incisivos, destacando el carácter puntual o excepcional de ambas características.

Si se toman y se interpretan cada uno de los parámetros de estudio de forma aislada, cabe la posibilidad de que la variabilidad observada en la digestión y en la fractura pueda ser justificada mediante las características etológicas variables que definen a los predadores y las relaciones entre predadores y presas. Por el contrario, si se toman todos los parámetros de estudio para definir tafonómicamente un conjunto, esta variabilidad debe ser considerada como indicios de mezcla.

Así, y según los datos expuestos, en este conjunto sería posible identificar la presencia de una mezcla de varios predadores a través de las alteraciones presentes en los restos de micromamíferos. De esta manera se excluiría la hipótesis de un único autor de categoría 2 o 3. Como se ha descrito, los parámetros que permiten la detección de la mezcla en el conjunto teórico 2 son la digestión y la fractura de la muestra, además de la disparidad entre los grados de alteración generales de representación, de fractura y de digestión de la muestra.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El gran número de restos con un mismo tipo y grado de alteración permite definir a un predador mayoritario. La ausencia o bajo grado de alteración de este grupo de restos argumentan como especie candidata a predador principal a la lechuza común, perteneciente a la categoría general de alteración 1.

Un segundo predador sería el responsable de las alteraciones en grado medio y fuerte sobre un pequeño porcentaje de restos. La acción de este predador provocaría el aumento de los valores generales de fractura y el porcentaje y grado de afección de restos por digestión. Este segundo predador acumulador podría pertenecer a la categoría de alteración 3, aunque no sería posible una definición más concreta de la especie a causa de la escasez de datos.

De esta manera, el cárabo, el cernícalo y la jineta, que participan en el conjunto teórico 2, no serían visibles en la acumulación, siendo simplificados en un único predador. Puesto que conocemos a los predadores que forman el conjunto y el grado de alteración que ejercen de forma independiente (Tabla 6.2), es posible discriminar las razones por las que es difícil la identificación en algunos parámetros de estudio. Así, en los índices de relación entre los elementos postcraneales y craneales *S. aluco* (cárabo) y *G. genetta* (jineta) presentan valores más altos de los esperados, mientras que *T. alba* (lechuza) y *F. tinnunculus* (cernícalo) presentan valores dentro de lo esperado para su categoría de alteración. Consecuentemente, el resultado de la mezcla es una alta representación o, lo que es lo mismo, un grado de alteración bajo para este índice. De la misma manera, en la pérdida de elementos distales, el cernícalo y la jineta presentan valores más altos de los esperados, repercutiendo directamente en el resultado final de la mezcla. Sin embargo, sucede lo contrario con la pérdida de dientes, tanto en maxilares como en mandíbulas, ya que los cuatro predadores presentan grados inferiores a los esperados, por lo que el resultado muestra un bajo índice de pérdida de dientes en el conjunto mezcla.

La causa de la correcta identificación de uno de los predadores puede estar relacionada con el elevado número de restos que aporta este predador al conjunto teórico 2. La lechuza aporta 11100 elementos de los 15812 restos totales, suponiendo el 70% del conjunto estudiado (Tabla 6.11). La categoría de alteración de cada uno de los predadores podría ser otra hipotética causa de la invisibilidad de éstos en la mezcla simulada, aunque siempre en relación con el número de restos que aportan cada uno de ellos. Mientras la lechuza pertenece a la menor categoría de alteración de la clasificación de Andrews (1990), situada en uno de los extremos de la tabla de categorías, los otros predadores se sitúan en categorías de alteración intermedias (categoría 2, el cárabo), moderadas (categoría 3, el cernícalo) y fuertes (categoría 4, la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

geneta). Así, el 70% de los restos no presentan alteraciones, o presentan alteraciones muy leves, atenuando el porcentaje de representatividad del 30% de los elementos con grados intermedios, moderados y fuertes.

Así, y contrariamente a lo esperado, el aumento del número de elementos alterados con grados de alteración mayores no ha permitido que se determine a un segundo predador. Este aumento tampoco ha conseguido que desaparezcan o atenúen los signos de alteración ejercidos por la lechuza, refutando las hipótesis planteada para el conjunto 2.

Sin embargo, la experimentación con el conjunto 2 permite sugerir que el factor determinante para el reconocimiento de un predador en una mezcla es el número de individuos y de restos que aporta al conjunto mezclado, restando importancia al grado de alteración que realiza el predador.

En cuanto a las alteraciones, el conjunto teórico 2 presenta ciertas diferencias con el conjunto 1. El conjunto 2 presenta mayor número de fracturas en mandíbulas y mayor pérdida de dientes en los maxilares, así como un ligero aumento del porcentaje de restos digeridos y de los grados de digestión. Sin embargo estas diferencias en las alteraciones no representan cambios sustanciales en el resultado final utilizado para la identificación del predador. Por ello, en ambos conjuntos teóricos ha sido posible identificar la presencia de una mezcla y reconocer a lechuza como uno de los predadores. En ambos conjunto no ha sido posible determinar a los predadores restantes que participaban en la mezcla.

Asimismo, tanto en el conjunto teórico 1 como en el 2, la lechuza aporta más del 70% de los restos. ¿Se podría identificar una mezcla si se equipara porcentualmente la aportación de los predadores que participan? ¿Qué predador se identificaría?. Hipotéticamente, no se podrá identificar la presencia de todos los predadores que participen en la mezcla. Posiblemente se podrá identificar con mayor facilidad al predador que aporte, entre todos, mayor número de restos.

Para comprobar esta hipótesis se ensaya con el conjunto 3 en la tercera parte de este experimento. Este nuevo conjunto está formado por el lote B compuesto de 1286 restos regurgitados por cárabo, el lote C, con 553 restos predados por cernícalo y el lote D, formado por 2870 elementos depuestos por jineta. Así, si la hipótesis planteada es acertada, cabe esperar que el predador más visible en este nuevo conjunto sea la jineta puesto que aporta el mayor número de restos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

6.7.6. Conclusiones del conjunto teórico 2

En el conjunto teórico 2 se simula la mezcla de restos depositados por lechuza (lote A), cárabo (lote B), cernícalo (lote C) y jineta (lote D). Los resultados permiten concluir que es posible detectar la existencia de una mezcla mediante la aplicación de todos los parámetros de estudio del método propuesto por Andrews (1990). De esta manera se contradice nuevamente la afirmación realizada por Matthews (2006).

Además es posible identificar a uno de los autores de la mezcla, a la lechuza común. Esta rapaz aporta mayor número de restos al conjunto (el 70%) favoreciendo su visibilidad dentro de la mezcla.

En la mezcla se intuye la presencia de otro predador. Sin embargo, no es posible determinarlo a través del estudio de las alteraciones Según los resultados, el segundo predador aporta un menor número de restos al conjunto con grados de alteración fuertes. No existe ningún indicio que señale la presencia de más de dos predadores en la mezcla.

Los resultados obtenidos en esta parte de la experimentación confirman que los parámetros que facilitan la detección de la mezcla en este conjunto son la digestión y la fractura general. Además la disparidad entre los grados de alteración generales de la representación, la fractura y la digestión contribuyen a identificar dicha mezcla. Posiblemente, estos parámetros de estudio y las divergencias en el grado de alteración general, permitirían establecer un patrón para identificar los predadores que intervienen en una mezcla de conjuntos fósiles.

6.8. Conjunto teórico 3: lotes B, C y D.

En la tercera parte del experimento, el conjunto teórico 3, se pretende analizar como un único conjunto el grupo formado por los lotes B (*S. aluco* o cárabo común), C (*F. tinnunculus* o cernícalo común) y D (*G. genetta* o jineta común). La jineta es el animal que aporta más restos de todos los predadores incluidos en esta simulación de mezcla (Tabla 6.19).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Procedencia de los restos

	n	*%*
Lote B	1286	27,3
Lote C	553	11,7
Lote D	2870	60,9
Total conjunto teórico 3	4709	

Tabla 6.19. Procedencia de los restos utilizados en el conjunto teórico 3. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de restos.

6.8.1. Hipótesis y objetivos específicos

En este conjunto teórico 3 se plantea una única hipótesis específica: si se equipara el número de restos aportados por cada uno de los predadores será posible identificar al predador que aporte más restos. También se contempla la posibilidad de que se pueda identificar al predador de categoría de alteración situada en el extremo de la tabla de Andrews (1990).

Así, pues, el objetivo es observar cual es el predador identificable cuando se equiparan los porcentajes de participación de los predadores incluidos en la mezcla.

6.8.2. Representación

La tercera parte abarca la contabilización y el análisis de 4709 restos de, mayoritariamente, mamíferos (98,1%). Los elementos más abundantes, en números absolutos, son los autópodos y las vértebras. El 95,7% de los restos han sido identificados a nivel de elemento (Tabla 6.20).

El conjunto está formado por 152 individuos (Figura 6.14). La mayoría de estos individuos pertenecen al orden Rodentia (72%), destacando, como en los conjuntos anteriores, la abundancia de especies de arvicólidos por encima de los múridos o glíridos (Tabla 6.21).

Entre los taxones que representan el orden Eulipotyphla (7%) destacan los crocidurinos por encima de los sorícidos (Tabla 6.21).

La representación porcentual del NMI de anfibios y pequeñas aves es muy baja (inferior al 3%).

Debido al nivel de fracturación o al elemento esquelético representado, no ha sido posible averiguar a que taxón pertenecen 16 individuos (11%) (Figura 6.14).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

	Restos	
Elementos	*n*	*%*
Cráneo	16	0,3
Maxilar	77	1,6
Mandíbula	137	2,9
Molar	688	14,6
Incisivo	347	7,4
Arco cigomático	42	0,9
fragmentos Cráneo aislados	153	3,2
Húmero	124	2,6
Radio	79	1,7
Ulna	98	2,1
Fémur	135	2,9
Tibia	139	3,0
Cintura	122	2,6
Vértebra	908	19,3
Autópodo	952	20,2
Costilla	401	8,5
restos Aves	85	1,8
restos Anfibios	3	0,1
Indeterminado	203	4,3
Total restos	4709	

Tabla 6.20. Restos de vertebrados que conforman el conjunto teórico 2, la tercera parte del experimento. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de restos

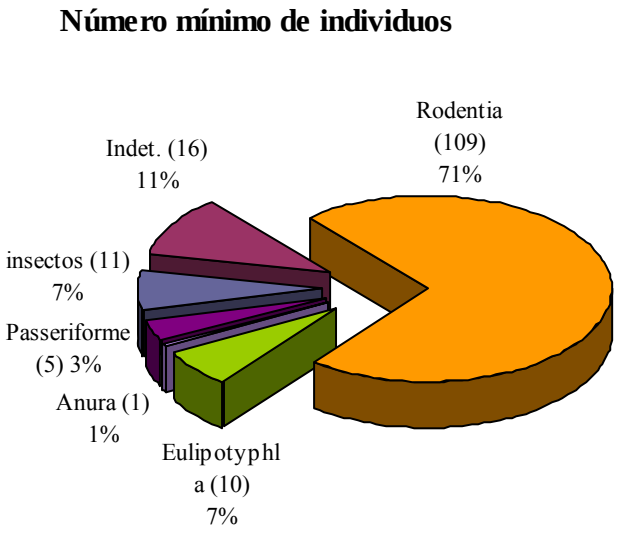

Figura 6.14. Distribución porcentual del número mínimo de individuos por ordenes identificados. Entre paréntesis el número absoluto de individuos.

	NMI Mamíferos	
	n	*%*
Rodentia		
M. arvalis	19	17,4
M. agrestis	1	0,9
M. subterraneus	3	2,8
Microtus sp.	37	33,9
C. glareolus	2	1,8
Arvicolidae indet.	2	1,8
A. sylvaticus	4	3,7
R. novergicus	1	0,9
Muridae indet.	39	35,8
Glis sp.	1	0,9
Total Rodentia	109	
Eulipotyphla		
C. russula	3	30
Crocidura sp.	4	40
S. coronatus	3	30
Total Eulipotyphla	10	

Tabla 6.21. Distribución numérica (n) y porcentual (%) del número mínimo de individuos en los ordenes Rodentia y Eulipotyphla.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cuanto a las proporciones entre el número de restos e individuos identificados, se observa mediante el IAR que la representación general es media (60,7%) (Figura 6.15). Los elementos más representados son los incisivos, los cráneos-maxilares y las mandíbulas (porcentajes superiores al 55%), advirtiendo una abundancia de restos craneales. Sin embargo, y como se verá posteriormente, los índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Tabla 6.22) revelan una mayor presencia de postcraneales. Siguiendo con el IAR, los elementos menos representados son los molares y los radios (menos del 35%) (Figura 6.15). La desviación estándar es del 35,6, indicando una elevada heterogeneidad en la representación de los elementos del conjunto 3.

Según el Pc/C, los elementos de las extremidades duplican a los del cráneo. Esto se debe, al igual que en los conjuntos anteriores, a que el número de molares utilizados en este índice no refleja el número total de molares del conjunto. Los molares utilizados para este índice, los aislados, suponen sólo el 28,4% del total de los molares. Sin embargo, el índice H+F/CMx+Md, que también muestra una mejor representación de los elementos de las extremidades, precisa que la diferencia existente es muy leve.

El índice de relación entre restos distales y proximales sugiere la destrucción preferencial de radios y tibias, mientras que el índice que compara los molares sueltos con los alvéolos vacíos indica que existe pérdida de molares en la muestra (Tabla 6.22).

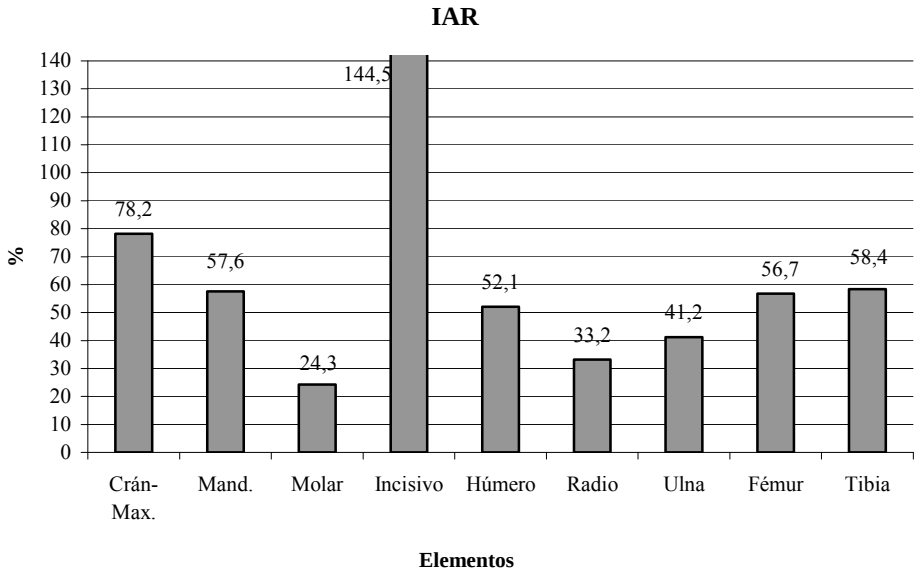

Figura 6.15. Índice de abundancia relativa del conjunto teórico 3. Cran-Max.: Cráneo- maxilar; Mand.: mandíbula.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índices de relación	
Pc/ C	2,2
H+F/CMx+Md	1,1
R+T/H+F	0,8
Ms/Av	0,5

Tabla 6.22. Índices de relación entre los elementos postcraneales y craneales (Pc/ C y H+F/CMx+Md) junto con el índice de relación entre los elementos distales y proximales (R+T/H+F) y el índice que relaciona los molares sueltos con los alvéolos vacíos (Ms/Av).

6.8.3. Fractura

La fracturación de los restos varia según la tipología de elementos que se estudien. En el caso de los elementos postcraneales se observa cierta similitud de representación entre los restos enteros, las epífisis proximales y distales, y los fragmentos de epífisis y diáfisis (Figura 6.16).

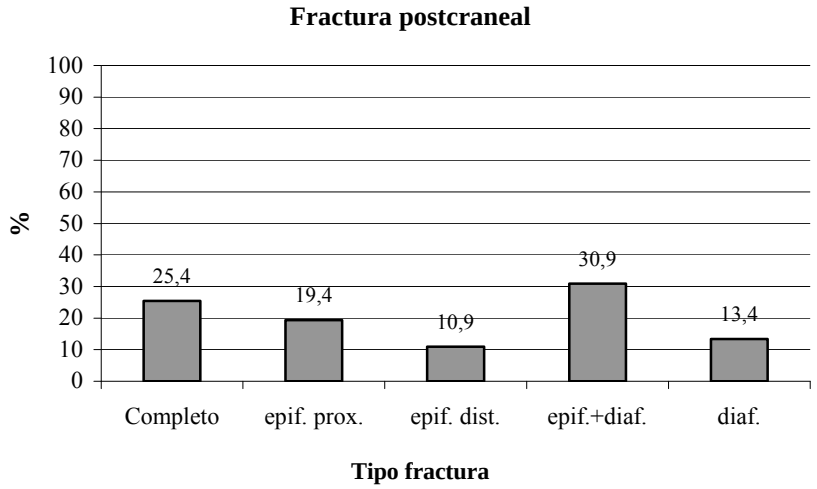

Figura 6.16. Tipologías de fracturas de los restos postcraneales.

Gran parte de los cráneos y maxilares presenta una fractura fuerte y/o extrema (74,2%) (Figura 6.17). Sin embargo, cabe destacar la presencia de un pequeño porcentaje de cráneos enteros y con fracturas tipo *c*. No existen cráneos en categoría de fractura intermedia (*a* y *b*) y los maxilares con categoría de fractura inicial son poco representativos (tipos *d* y *e*) (Figura 6.17).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La conservación del arco cigomático es del 19,3% de lo esperado para 108 roedores, aunque estos arcos suponen la conservación de la mitad de los arcos esperados para los cráneos-maxilares habidos en la muestra.

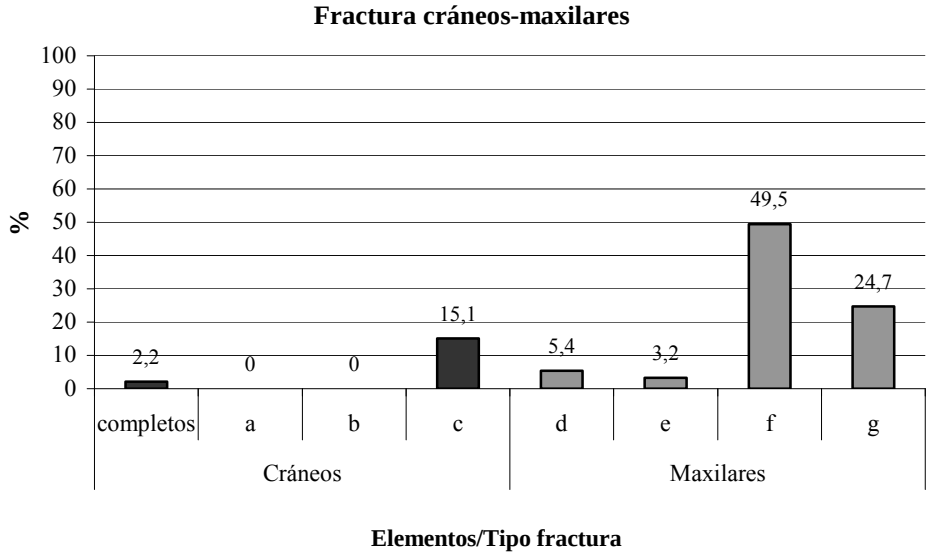

Figura 6.17. Tipología de fracturas en los cráneos y maxilares.

Existe un bajo porcentaje de mandíbulas enteras (Figura 6.18). Las fracturas predominantes son las de tipo *b* y *c*.

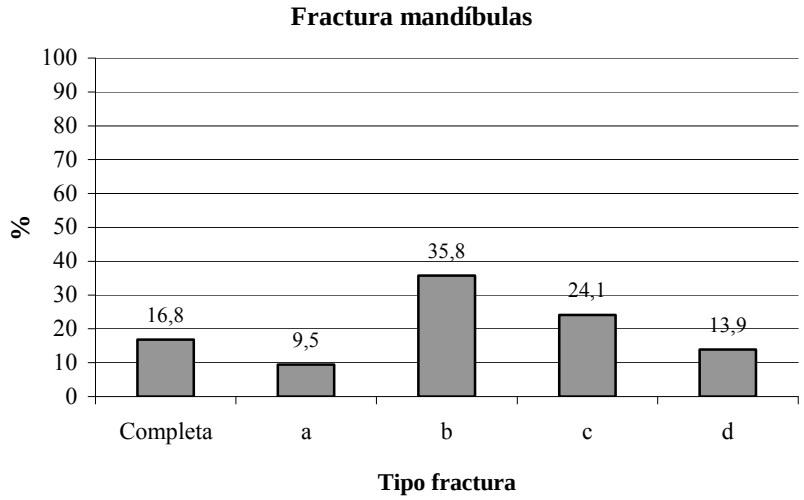

Figura 6.18. Tipología de fractura en las mandíbulas.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cuanto a la situación y la fractura de los dientes se observa que gran parte de los molares están enteros y en situación original mientras que los incisivos están mayoritariamente fuera de sus alvéolos (Tabla 6.23).

Los valores de pérdida de dientes generales en cráneos-maxilares y en mandíbulas son medios (Tabla 6.24). Esta pérdida es mayor en los cráneos-maxilares que en las mandíbulas a causa de su mayor porosidad y fragilidad.

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	9	1,3
		Enteros	483	70,2
	Aislados	Rotos	22	3,2
		Enteros	174	25,3
	Total		688	
Incisivos	*In situ*	Rotos	33	9,5
		Enteros	72	20,7
	Aislados	Rotos	116	33,4
		Enteros	126	36,3
	Total		347	

Tabla 6.23. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		n perdidos	*n esperados*	*%*	*Media %*
Cran-Max.	molares	204	558	36,6	38,4
	incisivos	82	186	44,1	
Man.	molares	173	411	42,1	42,3
	incisivos	59	137	43,1	

Tabla 6.24. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.). n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

6.8.4. Digestión

Gran parte de los restos que conforman el conjunto 3 presentan, en diferente grado, alguna traza de alteración por digestión (Tabla 6.25).

El 75% de los incisivos están digeridos, destacando el grado ligero y moderado, aunque se alcanzan grados de alteración extremos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La digestión afecta al 63% de los fémures, básicamente en grados ligeros, a pesar de que llega a alcanzar grados fuertes (Tabla 6.25).

Digestión

	Incisivo		*Fémur*	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	74	25,5	48	36,9
Ligera	110	37,9	58	44,6
Moderada	65	22,4	20	15,4
Fuerte	29	10	4	3,1
Extrema	12	4,1	0	0
Total	290		130	

Tabla 6.25. Grado de digestión por elementos. Número (n) y porcentaje (%) de incisivos y fémures alterados por digestión y grado que presentan.

6.8.5. Discusión: predador/predadores

En líneas generales, los resultados indican que el conjunto teórico 3 se caracteriza por estar formado por un menor número mínimo de individuos y de número de restos que los conjuntos anteriores (Tabla 6.26).

La digestión afecta a cerca del 75% de los incisivos y al 65% de los elementos postcraneales estudiados. En los dientes, alcanza grados extremos, indicando la intervención de un predador de categoría D_I 4. En los huesos largos, destacan los grados ligeros y moderados a pesar de que alcanza grados de alteración fuertes, señalando la intervención de un predador de categoría D_P 3. En ambas categorías de alteración por digestión aparece el cernícalo común, predador que podría ser un posible candidato a autor del conjunto 3.

En líneas generales, se hallan todos los elementos y porciones esqueléticas representadas, aunque se estima que la pérdida media de estos elementos es de cerca 55% (Tabla 6.26). Ello señalaría a un predador de categoría I_1 3 o 4. Además, los índices de representación indican una buena relación entre los elementos craneales y postcraneales, una escasa destrucción preferencial de elementos distales y una importante pérdida de molares en el conjunto 3. Ello podría señalar la presencia de un predador de categoría de alteración 2 o 3. En las categorías de alteración es posible hallar al cernícalo común.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cuanto a la fractura, los elementos postcraneales y craneales presentan grados medios con tendencia a altos, aunque cabe destacar la alta fracturación de los cráneos-maxilares (Tabla 6.26). La fracturación en cráneos, mandíbulas y dientes indica la intervención de un predador de categoría 3, mientras que la fractura en postcraneal sugiere la categoria 4. En ambas categorías de alteración para los parámetros nombrados se halla al cernícalo común.

Conjunto teórico 3	
Predadores	*Strix aluco* *Falco tinnunculus* *Genetta genetta*
Nº total egagrópilas/excrementos	88
Nº Restos (n)	4709
Restos no identificados (%)	4,3
NMI (n)	152
Roedores (%)	71
Insectívoros (%)	7
Media de IAR (%)/desv. estándar	60,7/35,2
Pc/C	2,2
H+F/CMx+Md	1,1
R+T/H+F	0,8
Ms/Av	0,5
Fractura cráneos maxilares (%) *	2,2
Pérdida del arco cigomático (%)	77,4
Pérdida de dientes en maxilares (%)	38,4
Fractura mandíbulas (%)*	16,8
Pérdida de la rama mandibular (%)	35,8
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	42,3
Fractura postcraneal (%)*	25,4
Fractura dientes (%)*	23,7
Digestión postcraneal (%)+	63,1/Fue
Digestión incisivo (%)+	74,5/Ext

Tabla 6.26. Resumen de las alteraciones del conjunto teórico 3. n: Número absoluto; %: Porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Fue.: fuerte; Ext.: extrema.

Tal y como se ha descrito, todos los parámetros estudiados indicarían la intervención de un predador perteneciente a la categoría final 3 o alteración moderada. Entre las especies que forman parte de esta categoría de alteración, sería posible

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

destacar al cernícalo común (*F. tinnunculus*) como posible autor de la agrupación. Así, no existe ninguna divergencia en los grados de digestión o fractura ni en los grados de alteración generales que sirvan de indicio o evidencia de una mezcla de predadores. Asimismo, las características tafonómicas que presenta el conjunto teórico 3 se corresponden con las que realiza un predador concreto, siendo propuesto como autor. De este modo, en esta experimentación no ha sido posible identificar la presencia de una mezcla.

Como hemos visto anteriormente, en los conjuntos 1 y 2 ha sido posible identificar la mezcla de predadores gracias a la aportación mayoritaria de uno de ellos. En ambos conjuntos, la lechuza aportaba más del 70% de los restos. Si bien en el conjunto teórico 3 también existe un predador mayoritario (60% del restos producidos por jineta) el porcentaje de restos aportados no es lo suficientemente elevado como para poder distinguir la mezcla. De esta manera, mediante esta parte del estudio, se refutan dos hipótesis generales. La primera, que siempre es posible detectar la mezcla de predadores mediante el método propuesto por Andrews (1990). La segunda hipótesis rebatida es que es posible identificar la presencia del predador que aporta más restos al conjunto.

En este caso se identifica la presencia de un predador de categoría de alteración moderada como único predador. El cernícalo es uno de los predadores que participa en la mezcla, aunque es el que aporta menor número de restos (11,7%). Esta rapaz está clasificada dentro de la categoría de alteración 3, mientas que los otros predadores que participan en la mezcla lo están en las categorías 2 (el cárabo) y 4 (la jineta). Así, la identificación del cernícalo como autor podría deberse a la conjunción de los grados de alteración 2 y 4 en una posición intermedia, ocupada por el cernícalo (categoría 3). Es decir, cuando agrupamos, por ejemplo, el grado de fractura sobre las mandíbulas infligido por el cárabo (bajo), con el del cernícalo (medio) y el de la jineta (alto), se nos representa en el conjunto mezclado un nivel medio, correspondiente, en este caso, al cernícalo.

6.8.6. Conclusiones del conjunto teórico 3

En el conjunto teórico 3 se simula la mezcla de restos depositados por cárabo (lote B), cernícalo (lote C) y jineta (lote D). Los resultados observados en este conjunto permiten concluir que no siempre es posible detectar la existencia de una mezcla mediante el método propuesto por Andrews (1990). De esta manera, se

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

identifica como único autor del conjunto a un predador de categoría de alteración 3, posiblemente al cernícalo común.

El conjunto no presenta ninguna discrepancia en los grados de digestión o fractura ni en los grados de alteración generales que indiquen la presencia de una mezcla de predadores.

El predador identificado como autor del conjunto es el cernícalo. Esta rapaz está entre los predadores que forman el conjunto mezclado, aunque no es el predador que aporta más restos a la mezcla. Así, se refuta la hipótesis de la identificación del predador que aporta mayor número de restos.

Posiblemente la identificación del cernícalo se debe a la categoría de alteración en la que está clasificado, en relación a la categoría del resto de predadores que forman la mezcla. Así, es probable que se produzca una conjunción de los grados de alteración del cárabo y de la jineta (2 y 4 respectivamente), en un grado intermedio, ocupado por el cernícalo.

6.9. Discusión de la experimentación con mezclas

A lo largo de este capítulo se ha realizado una experimentación donde se analizan los restos de micromamíferos de conjuntos originados por la mezcla de diferentes predadores conocidos. En la naturaleza, y en agrupaciones fósiles, se pueden hallar conjuntos de microvertebrados producidos por la actividad de varios predadores. Estos conjuntos no siempre pueden ser detectados y, en el caso de que la mezcla pueda ser identificada, es difícil reconocer a todos los predadores que intervienen en ella.

Como hemos visto, el proceso de mezcla puede darse en circunstancias o eventos espacio-temporales diversos. Éstos, en ocasiones, pueden favorecer la aparición de alteraciones en la superficie de los restos que evidencien la mezcla. Sin embargo, la identificación de estos procesos en conjuntos fósiles es difícil e inusual.

La experimentación realizada consta de tres simulaciones de mezclas donde se combinan diferentes predadores conocidos. En cada una de ellas se pretendía aplicar todos los parámetros de estudio utilizados en la tafonomía de micromamíferos a cada uno de los conjuntos mezclados y así identificar al predador o predadores que forman el conjunto. También se quería identificar los parámetros del estudio tafonómico más constantes durante el proceso de mezcla. De este modo se intentaba hallar las características básicas que permiten definir un conjunto de micromamíferos como

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

fruto de la mezcla de varios predadores. Finalmente, se pretendía establecer patrones que permitieran la correcta identificación de los predadores que intervienen en un conjunto mezcla.

En el conjunto teórico 1 se simula la mezcla de restos consumidos por lechuza y jineta (Tabla 6.27). Con anterioridad, Matthews (2006) realiza una experiencia similar con estos dos mismos predadores. En ella fusiona los resultados de la digestión en incisivos, resultando un porcentaje y grado de digestión propio de un predador de categoría 2 o 3, sin detectar la mezcla. Sin embargo, en nuestro estudio, se concluye que es posible detectar dicha mezcla mediante la aplicación de todos los parámetros de estudio del método propuesto por Andrews (1990). Además, es posible identificar a parte de los autores de la mezcla. El predador identificado es la lechuza común.

	Conjunto teórico 1	**Conjunto teórico 2**	**Conjunto teórico 3**
Predadores	*Tyto alba* *Genetta genetta*	*Tyto alba* *Strix aluco* *Falco tinnunculus* *Genetta genetta*	*Strix aluco* *Falco tinnunculus* *Genetta genetta*
Nº total egagrópilas/excrementos	61	118	88
Nº Restos (n)	13973	15812	4709
Restos no identificados (%)	1,5	1,4	4,3
NMI (n)	220	307	152
Roedores (%)	58,6	61	71
Insectívoros (%)	33	27	7
Media de IAR (%)/desv. estándar	86,9/11,1	76,7/11,3	60,7/35,2
Pc/C	3,8	3,3	2,2
H+F/CMx+Md	1,2	1,2	1,1
R+T/H+F	0,9	0,9	0,8
Ms/Av	0,3	0,3	0,5
Fractura cráneos maxilares (%) *	4,1	4,1	2,2
Pérdida del arco cigomático (%)	64	63,5	77,4
Pérdida de dientes en maxilares (%)	17,3	26,9	38,4
Fractura mandíbulas (%)*	62,7	56,9	16,8
Pérdida de la rama mandibular (%)	20	25,6	35,8
Pérdida dientes en mandíbulas (%)	20	21,1	42,3
Fractura postcraneal (%)*	74	71	25,4
Fractura dientes (%)*	9	9,4	23,7
Digestión postcraneal (%)+	21,2/Mod.-Fue.	26,3/Mod.-Fue.	63,1/Fue.
Digestión incisivo (%)+	23,8/Mod.-Ext.	35,8/Fue.-Ext.	74,5/Ext.

Tabla 6.27. Resumen de las alteraciones de los conjuntos teóricos estudiados. n: Número absoluto; %: Porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.; moderada; Fue.: fuerte; Ext.: extrema.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En el conjunto teórico 2 se simula la mezcla de restos consumidos por lechuza, cárabo, cernícalo y jineta (Tabla 6.27). En ese caso, también es posible identificar la presencia de una mezcla de predadores e identificar a uno de ellos. Este predador identificado es, de nuevo, la lechuza común.

En el conjunto 3 se simula la mezcla de restos consumidos por cárabo, cernícalo y jineta (Tabla 6.27). Así están representados los restos alterados de tres predadores pertenecientes a categorías de alteración diferente (2, 3 y 4). Como conclusión del conjunto teórico 3 se identifica a un sólo predador como autor del conjunto. Este predador es el cernícalo, uno de los predadores originales (categoría de alteración 3).

Para confirmar las similitudes entre los conjuntos 1, 2 y 3 y los lotes A, B, C y D hemos realizado un análisis de conglomerados o *clusters* (Figura 6.19). Para este análisis se han tenido en cuenta los siguientes parámetros: media de IAR, la desviación estándar del IAR, índices Pc/C, H+F/C-Mx+Md y distal/proximal, el porcentaje de cráneos-maxilares, mandíbulas y elementos postcraneales rotos, el grado de pérdida del arco cigomático, de dientes en maxilares y mandíbulas, la pérdida de la rama mandibular, el grado de fractura en dientes y la digestión en incisivos y fémures.

En la figura 6.19 se puede observar la existencia de dos grandes ramas. En la primera se halla el conjunto 1, agrupado en un primer nivel de concreción al conjunto 2. Ambos conjuntos poseen un elevado grado de similitud con el lote A, regurgitado por lechuza (*T. alba*), puesto que están agrupados en un segundo grado de concreción. Así, es posible deducir que la influencia que ejerce la lechuza (lote A) dentro de los conjuntos 1 y 2 es muy importante, diluyendo las posibles similitudes que podrían tener estos conjuntos con los otros predadores que también participan en las mezclas. Finalmente, en un tercer nivel de similitud, los dos primeros conjuntos podrían tener algunas semejanzas con el lote B, aportado por *S. aluco*.

En la segunda rama se observa la agrupación formada por el conjunto 3 y los lotes C y D, acumulados por cernícalo y jineta respectivamente. Entre las características de los lotes y las del conjunto existe un ligero grado de disimilitud, puesto que están agrupadas en diferentes niveles de concreción. Esta disimilitud podría estar debida a que el conjunto 3 está formado, además de por el lote C y D, por el lote B, situado en la primera rama.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

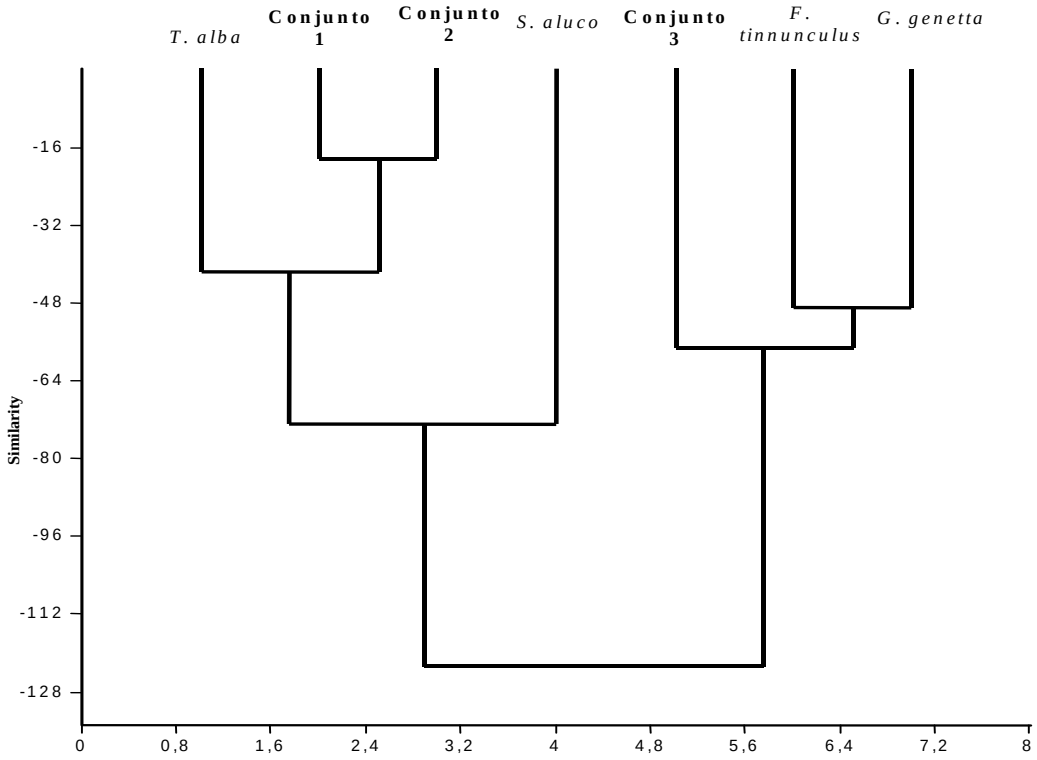

Figura 6.19. Análisis de *clusters* de los lotes producidos por *T. alba* (lote A), *S. aluco* (lote B), *F. tinnunculus* (lote C) y *G. genetta* (lote D) y los conjuntos teóricos 1, 2 y 3.

Así, en los conjuntos teóricos 1 y 2 ha sido posible identificar la mezcla y al predador dominante en ella, entre los que se advertiría, de forma clara, a la lechuza común. También, en ambos casos, el resto de predadores conocidos serían simplificados, posiblemente, en un segundo predador desconocido y teórico autor de las alteraciones en grados moderados y/o fuertes sobre un pequeño porcentaje de restos. Es decir, en los dos conjuntos la aportación de la lechuza diluye parte de las alteraciones del resto de predadores.

En esos conjuntos, el predador identificado es el que posee mayor peso en el conjunto mezcla. La lechuza aporta el 70% en el conjunto 2 y cerca del 80% en el conjunto 1. Este elevado número de restos aportados por este predador dificultan la visibilidad del restos de predadores de los conjuntos. Así, una de las conclusiones extraídas para los dos conjuntos es que el factor más importante para la correcta identificación de la mezcla y de uno de los predadores que forman una acumulación mezclada es el número de individuos y restos que aporta este predador a dicha acumulación. La categoría de alteración del predador mayoritario también puede ser

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

una característica a tener en cuenta, aunque para confirmar su importancia en el estudio se requiere de nuevos análisis que abarquen nuevos variables (como por ejemplo un elevado número de restos de un predador de categoría moderada frente un pequeño conjunto de un predador de categoría extrema).

En el conjunto 3, donde no se ha podido identificar la mezcla, se ha descrito un único predador como autor de la acumulación. Contrariamente a lo sucedido en los conjuntos anteriores, el predador identificado no es el que aporta mayor número de restos (jineta, que aporta el 60% de los restos), sino el cernícalo, incluido en la mezcla original. El cernícalo es el predador que menos restos aporta al conjunto (sólo el 12%), aunque presenta una categoría de alteración intermedia (categoría 3) respecto a los otros predadores incluidos (categorías 2 y 4). Ello llama la atención a la importancia que puede tener, en el proceso de identificación de ciertos conjuntos mezclados, el grado de alteración de los predadores que intervienen.

Se debe tener en cuenta que los grados de alteración y la categoría de modificación a la que pertenecen cada uno de los tres predadores que forman el conjunto 3 son muy semejantes, dificultando la identificación y aumentando la complejidad del experimento. A pesar de ello, en este conjunto final ha sido posible identificar correctamente a uno de los predadores que participa en la acumulación, y no un predador no presente en ninguno de los lotes.

El estudio de los tres conjuntos permite describir unos criterios que podrían facilitar la detección de la mezcla y los predadores que intervienen en ella. Así, si existe un predador predominante en una agrupación (es decir que aporte más del 70% de los restos que forman la acumulación) y el grado de alteración de los diferentes predadores es dispar, o incluso opuesto, será posible distinguir la mezcla de predadores. Además, posiblemente se identificará al predador que aporta el mayor número de restos al conjunto. En cambio, cuando no exista un predador mayoritario (aportación inferior al 70%) y el grado de alteración de los predadores que intervengan sea similar, posiblemente no se distinguirá la mezcla de predadores y se vislumbrará el predador con la categoría de alteración media. Estos criterios pueden ser tomados como patrones cuantitativos, aunque con cierta precaución, puesto que en conjuntos fósiles no conocemos el porcentaje de participación de cada uno de los predadores que intervienen en el proceso de mezcla.

Durante el estudio de los dos primeros conjuntos, ha sido posible identificar unos rasgos diagnósticos que permiten caracterizar una muestra fruto de la conjunción de varios predadores. En el conjunto 1 la digestión en postcraneal indica un predador de categoría 1 o 2, mientras que indicaba un grado de alteración 2 para digestión de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

incisivos. Sin embargo, entre los incisivos existen restos alterados en grados fuertes y extremos, poco usuales en esta categoría de alteración. De igual modo, el grado de fractura de los restos no es gradual.

En el conjunto teórico 2 la digestión en postcraneal indica un predador de categoría 2, mientras que los incisivos sugieren un predador de categoría de alteración 3 y la fractura de los restos no es gradual ni sigue una tendencia lineal. La divergencia en los grados de digestión de los diferentes elementos estudiados y en la fractura general observados podría ser un primer indicio que sugiriera la posible mezcla de predadores en la muestra. Además la disparidad entre los grados de alteración generales de representación, fractura y digestión de la muestra contribuiría a identificar una mezcla. En los dos conjuntos se ha podido observar que el grado de digestión que presentan los elementos más fracturados puede ser también un indicio a tener en cuenta en la identificación de una mezcla de agrupaciones. La representación es, frecuentemente, el parámetro que presenta menor variabilidad.

Estas características deben ser tomadas con precaución, puesto que no todos los conjuntos con este tipo de disconformidades en los grados de alteración pueden ser interpretados como una mezcla de predadores. Cada uno de los predadores de micromamíferos, tanto rapaces como mamíferos, posee, desde el punto de vista etológico, distintas particularidades que contribuyen en el grado de alteración que ejercen sobre los restos consumidos. Estas particularidades no sólo se dan a nivel de grupo, sino también a nivel de especie y de individuo estudiado. En el caso de las rapaces, estas particularidades a nivel de grupo y de especie, así como el resultado que pueden tener sobre los conjuntos regurgitados generalmente están estudiadas y contempladas dentro de la mayoría de los trabajos de asignación de predadores. Cada una de estas variantes puede estar sujeta a muchos condicionantes conocidos o susceptibles de ser conocidos, como la edad de la presa, edad del predador, la hora de la ingesta, la cantidad de presas contenidas en el estómago del predador, la posición de los restos en la egagrópila, etc. (ver apartado 4.1.3). En cambio existen menos investigaciones dirigidas a observar, estudiar y categorizar la variabilidad habida entre las alteraciones que producen los diferentes mamíferos carnívoros de pequeño tamaño sobre sus presas, así como la existente entre diferentes individuos de la misma especie. Además, esta variabilidad parece ser más grande de lo que los escasos estudios actuales refieren. Como ejemplo de ello se pueden observar los restos consumidos por la jineta incluida en este trabajo, cuyos grados de alteración poseen divergencias con los referidos en trabajos anteriores (Andrews, 1990) (Tabla 6.2). De esta manera creemos que son necesarios más estudios e investigaciones etológicas que contemplen la variabilidad existente entre los grados de alteración de los pequeños

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

mamíferos carnívoros que consumen micromamíferos, como la *G. genetta* (Bennàsar, 2008). Además, tanto en rapaces como en mamíferos, es importante ampliar la muestra de especies estudiadas, incluyendo nuevas localidades, y el número de individuos estudiados de cada especie. Ello permitiría conocer con mayor profundidad las distintas particularidades que pueden existir entre los individuos de la misma especie y especies y grupos de predadores de micromamíferos.

En esta línea, cabe destacar la importancia de incluir en el estudio todos los parámetros que definen la representación, la fractura y la digestión de un conjunto de micromamíferos. Si se interpretan cada uno de los puntos del estudio de forma aislada, cabe la posibilidad de que la variabilidad observada en la digestión y en la fractura pueda ser justificada mediante la variabilidad etológica que define a los predadores y las relaciones entre predadores y presas. Por el contrario, si se toman todos los parámetros de estudio para definir tafonómicamente un conjunto, la variabilidad detectada en más de un parámetro de estudio debe ser considerada como un indicio de mezcla. Así, la presencia de varias divergencias en los diferentes parámetros del estudio tafonómico permite sugerir la presencia de una mezcla.

Se debe tener en cuenta que en los conjuntos fósiles el grado de fractura y los valores generales de alteración pueden verse modificados por los agentes postdeposicionales. No obstante, y como ya se ha apuntado anteriormente, los efectos producidos por la digestión tienen un carácter distintivo y exclusivo de la acción de depredadores. A pesar de que las alteraciones postdeposicionales pueden superponerse a la digestión, fracturar e incluso hacer desaparecer restos digeridos, este tipo de alteraciones no modifican la digestión de los restos.

Algunos autores sugieren que la mezcla entre los conjuntos de lechuza y otros predadores puede llegar a ser común en la naturaleza (Matthews, 2006). Estas mezclas, tal y como se ha observado en esta experimentación, pueden llegar a ser identificadas, aunque no siempre es posible definir al resto de predadores que intervienen en ella. De este modo, se debe tener en cuenta que la intervención de este predador en conjuntos fósiles, identificada frecuentemente, puede estar acompañada de otros predadores, por lo que se debe poner especial atención en estos conjuntos e indagar la presencia de algún otro predador.

Finalmente, es importante llamar la atención hacia una mayor precaución en los casos en que se pretenda identificar los predadores en un conjunto, puesto que puede presentar características que indiquen que está formado por una mezcla.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En una mezcla de predadores simulada, las posibilidades y combinaciones son innumerables. En un futuro se debería profundizar en las simulaciones de mezcla, incluyendo nuevos predadores, con diversos grados de alteración y variando los tamaños de cada aportación. De este manera se conocerán mejor los conjuntos mezclas en otro tipo de variables igualmente importantes de las tratadas en esta experiencia.

6.10. Conclusiones de la experimentación con mezclas

Después del estudio de las tres simulaciones de mezcla de micromamíferos realizado en esta Tesis, podemos afirmar una serie de conclusiones.

- La metodología propuesta por Andrews (1990) permite apreciar la existencia de mezclas cuando en ellas existe un predador mayoritario (el 70% de los restos en un conjunto), tal y como se evidencia en los conjuntos teóricos 1 y 2.
- Los parámetros de estudio que podrían sugerir una mezcla de predadores en la muestra son la divergencia en los grados de digestión y en la fractura general. Otra característica a tener en cuenta para la identificación de mezclas es la disparidad entre los grados de alteración generales de representación, de fractura y de digestión de la muestra ya que pueden contribuir a la identificación.
- En conjuntos fósiles, los procesos postdeposicionales pueden alterar la representación de los elementos esqueléticos y el grado de rotura de la muestra estudiada. Así, el grado de digestión del conjunto puede ser el parámetro diagnóstico para la detección de mezclas de restos de micromamíferos fósiles. Es decir, si en un conjunto existen divergencias en el grado de digestión de molares, incisivos y elementos postcraneales, el investigador debería tener en cuenta la hipótesis de la mezcla.
- En el conjunto teórico 3 no ha sido posible detectar la presencia de una mezcla a través de las alteraciones realizadas por los predadores. Así pues, no todas las mezclas pueden ser detectadas.
- La causa de que no pudiera ser detectada la mezcla simulada del conjunto 3 puede hallarse en el porcentaje de aportación de los distintos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

predadores. Además el grado de alteración de los predadores que intervienen es similar, dificultando la identificación.

Este trabajo experimental intenta llamar la atención y profundizar en el campo de las mezclas de micromamíferos originadas por distintos predadores. Sin embargo, las mezclas posibles y las variables existentes son mucho más amplias de las que se utilizan en este trabajo. Así, para obtener resultados más concluyentes se deben realizar nuevos trabajos experimentales en este campo, utilizando diferentes predadores y diferentes porcentajes de participación de cada uno de ellos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Volumen II

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 7

La Sierra de Atapuerca

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

7.1. Localización

La Sierra de Atapuerca está situada a unos 15 Km. al Este de la ciudad de Burgos, cercana a las poblaciones de Ibeas de Juarros y Atapuerca (Figura 7.1). Se extiende de Noroeste a Sureste en el valle del río Arlanzón, entre la Cordillera Cantábrica y el Sistema Ibérico. Esta es una zona de paso natural entre las cuencas del Ebro y el Duero conocida como el Corredor de la Bureba. Así, la Sierra de Atapuerca, con una altitud máxima de 1082 m. sobre el nivel del mar, se sitúa en un lugar estratégicamente privilegiado (Figura 7.2). Se trata de una confluencia geográfica de las influencias mediterráneas, atlánticas y continentales, proporcionando la coexistencia de gran variedad de especies de flora y fauna y la presencia de un bioma con gran diversidad de ecosistemas. Esta diversidad fue aprovechada por los diferentes grupos humanos a lo largo de la historia (Carbonell *et al.*, 1999a).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 7.1. Situación de la Sierra de Atapuerca en la Península Ibérica.

Figura 7.2. Vista panorámica de la Sierra de Atapuerca y de su entorno. (Foto J. Mestre/IPHES).

7.2. Contexto geológico y geomorfológico

La Sierra está formada por calizas, dolomías y calcarenitas del Cretácico Superior, aunque en su porción Norte afloran formaciones del Cretácico Inferior. Estructuralmente se corresponde con un anticlinal tumbado mesozoico con vergencia NE y de dirección NNW-SSE, que en su terminación norte gira para adoptar una dirección WNW-ESE. Las últimas modificaciones, que darán lugar a su constitución definitiva, se producen durante los ajustes tectónicos del Mioceno y del Plioceno.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Posteriormente, durante el Pleistoceno, la erosión y la disección fluvial serán los agentes modeladores más importante del entorno de Atapuerca (Pérez-González *et al.*, 1995; 1999; 2001).

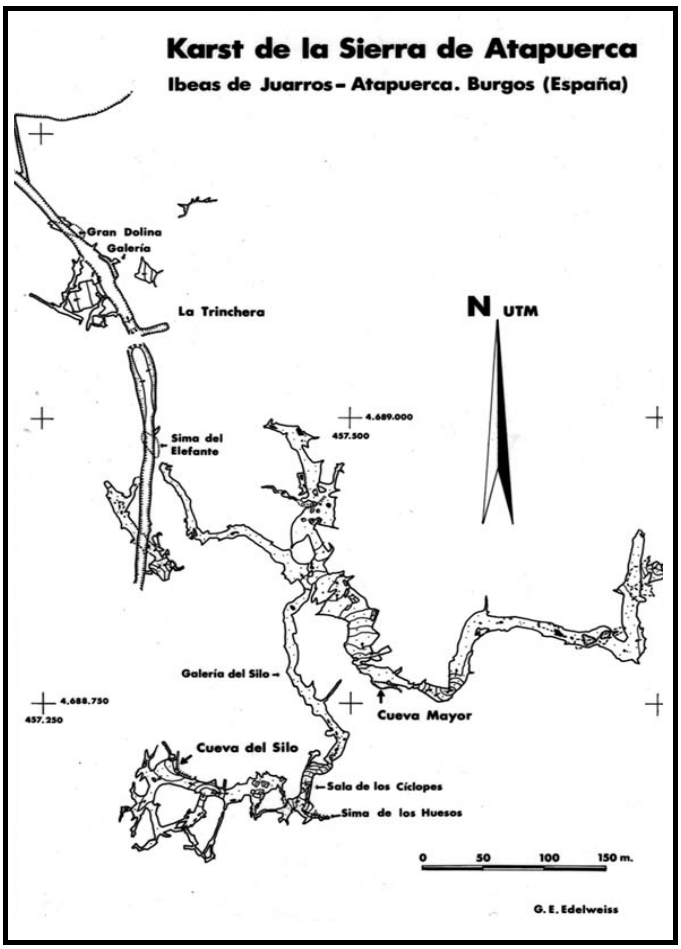

Figura 7.3. Topografía del sistema cárstico de la Sierra de Atapuerca realizada por el Grupo Espeleológico Edelweiss.

El sistema cárstico se desarrolló a favor de los materiales carbonatados del Cretácico superior, cuyo espesor es de unos 45-70 m. Este carst, de origen freático, se originó a finales del Aragoniense y continuó su desarrollo en el Cuaternario, al reactivarse con el descenso del nivel de base de erosión controlado por la dinámica fluvial del río Arlanzón (Zazo *et al.*, 1983; 1987).

El endocarst de la Sierra de Atapuerca está representado por el Sistema Cueva Mayor-Cueva del Silo, que forma una red subterránea de 3700 m., siendo una de las mayores cavidades conocidas en la Cuenca del Duero (Figura 7.3). Actualmente esta red subterránea cuenta sólo con dos bocas de entrada, Cueva Mayor y Cueva del Silo, aunque se conoce la existencia de, como mínimo, otros seis accesos que se encuentran colmatados por sedimentos de diversas cronologías (Ortega *et al.*, 2005).

El margen derecho del río Arlanzón, que nace en la Sierra de la Demanda (el Pico de San Millán), ha construido en el perfil de Ibeas de Juarros un sistema escalonado de terrazas. Las investigaciones llevadas a cabo en este y otros valles fluviales han permitido distinguir una serie de terrazas escalonadas que abarcan cronológicamente toda la secuencia cuaternaria (Benito y Pérez-González, 2002; Benito, 2004).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

- Pleistoceno Inferior: **T2** (+84-88 m.) a **T4** (+60-67 m.).
- Pleistoceno Medio: **T5** (+50-54 m.) a **T10** (13-20 m.).
- Pleistoceno Superior: **T11** (+12-13 m.) a **T14** (8-10 m.).
- Holoceno: **T15** (+4-6 m.) a **T18** (+0,2 m.).

7.3. Breve historia de las intervenciones

El interés que han despertado los yacimientos de la Sierra de Atapuerca se remonta al siglo XVIII. Sin embargo, no todas las intervenciones realizadas en la Sierra fueron dirigidas hacia la búsqueda, conocimiento y preservación del entorno histórico de nuestros orígenes.

Una de las primeras noticias que tenemos se remonta a 1863, cuando Felipe de Ariño y López y Ramón Inclán, publican en un periódico local la noticia sobre el descubrimiento de restos humanos en Cueva Ciega. Sabemos que Ariño pidió a la reina Isabel II que le concediese la propiedad de la cueva para realizar investigaciones.

En el año 1868 se publica la primera topografía espeleológica del sistema cárstico de la Sierra de Atapuerca, realizada por Pedro Sampayo y Mariano Zuaznávar, donde se detallan, también, algunos aspectos de carácter arqueológico, convirtiéndose en la primera publicación científica sobre las cavidades de la Sierra. No será hasta 1954 cuando el Grupo Espeleológico Edelweiss (GEE) revise esta topografía, que será sucesivamente actualizada y corregida gracias a la aplicación de las nuevas tecnologías (Martín Merino, 2000).

La entrada de Cueva Mayor, así como parte de la red de cavidades contiguas, fue visitada y estudiada a inicios del siglo XX por arqueólogos como Jesús Carballo, Henri Breuil, Hugo Obermaier y Martínez Santa-Olalla, atraídos, principalmente, por el arte rupestre que exhiben las paredes de las cavidades (Carballo, 1910; Breuil y Obermaier, 1913; Obermaier, 1925; Breuil, 1933).

En esta misma época fueron descubiertas las diversas cavidades colmatadas del sistema cárstico gracias a la sección de la Sierra de Atapuerca realizada a finales del siglo XIX por una trinchera ferroviaria (Figura 7.4). El ferrocarril, cuya finalidad primera era transportar el producto de la explotación minera de la Sierra de la Demanda hacia el País Vasco, estuvo en funcionamiento entre los años 1901 y 1917. Años después, en 1962, el GEE comunica la existencia de restos fósiles en las secciones cársticas al descubierto por la Trinchera del ferrocarril. Dos años más tarde,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

en 1964, se inicia la primera campaña de intervención por el Catedrático de la Universidad de Salamanca, Francisco Jordá. Como resultado, se realiza la primera estimación cronológica de los sedimentos de Trinchera en 500.000 años (Jordá, 1965).

Dentro del marco de su tesis doctoral en úrsidos del Pleistoceno, Trinidad Torres lleva a cabo en 1976 una excavación en la Sima de los Huesos, donde se descubren una mandíbula y dos fragmentos humanos. Además, durante el transcurso de la campaña Torres observa la riqueza arqueológica y paleontológica de los sedimentos descubiertos por Trinchera del Ferrocarril y se pone en contacto con Emiliano Aguirre con la finalidad de iniciar trabajos de excavación sistemáticos. Así, en 1978 se inicia en la Trinchera la limpieza de derrubios depositados por la erosión por parte de un equipo pluridisciplinar formado por arqueólogos, paleontólogos, geólogos, paleoantropólogos (Figura 7.5 y 7.6). No fue hasta 1980 cuando se llevó a cabo la excavación sistemática de uno de los yacimientos de la Trinchera, el complejo Galería.

Emiliano Aguirre fue el director de las excavaciones y del proyecto de investigación hasta 1990, momento en el que dio el testigo a los actuales codirectores: los doctores Eudald Carbonell, José María Bermúdez de Castro y Juan Luis Arsuaga. La gran labor científica resultante de las intervenciones en los diferentes yacimientos paleoarqueológicos de la Sierra ha dado lugar a la consolidación de un equipo, denominado Equipo de Investigación de Atapuerca (EIA), que tiene como característica principal la multidisciplinariedad. En la actualidad el proyecto y el equipo de investigación continúan trabajando en la Sierra de Atapuerca, ofreciendo numerosos descubrimientos e investigaciones de gran valor científico.

Además de los yacimientos que se tratan específicamente en esta Tesis, Sima del Elefante y Gran Dolina (ampliamente descritos en el capítulo 8 y el capítulo 10 respectivamente), en la Sierra de Atapuerca se localizan otros yacimientos paleoarqueológicos en carst, cuatro de ellos actualmente en fase de excavación y estudio. Estos yacimientos son Complejo Galería, Cueva de El Mirador, El Portalón de Cueva Mayor y Sima de los Huesos.

La importancia de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, además de en los numerosos y variados restos recuperados, de la antigüedad que presentan y del alto valor científico, histórico y cultural que ofrecen, radica en la amplia secuencia temporal que abarca este sitio, evidenciando la continuidad de la presencia humana desde el Pleistoceno Inferior hasta el día de hoy.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

7.4. Complejo Galería: Trinchera Galería, Trinchera Zarpazos y Trinchera Norte

Los trabajos en Complejo Galería se iniciaron en 1980 (Figuras 7.7 y 7.8). Este complejo está compuesto por tres depósitos diferentes pero estrechamente relacionados entre ellos: Trinchera Tres Simas, Galería, y Covacha de los Zarpazos (Ortega, 1999).

La secuencia estratigráfica del yacimiento Trinchera Galería, correlacionado con los demás depósitos, posee 17 m. de potencia, donde es posible diferenciar 6 unidades estratigráficas (denominadas de GI a GVI) (Pérez González *et al.*, 1995; Pérez González *et al.*, 1999).

Los datos cronoestratigráficos ofrecen una cronología de 0,78 Ma. para la unidad inferior y sitúan la sedimentación de los niveles superiores en los estadios isotópicos 7/6 (Pérez-González *et al.*, 1999; Berger *et al.*, 2008). La unidad GIII, donde se desarrollan los conjuntos arqueológicos de TG10 y TG11, está datado entre 250 y 400 ka. (Berger *et al.*, 2008).

Los análisis polínicos realizados indican una alternancia de climas húmedos y áridos con cambios de temperatura asociados (García-Antón y Sainz-Ollero, 1991; García-Antón, 1999). La presencia mayoritaria de taxones arbóreos indica la presencia de un bosque de clima templado y húmedo que degrada a un bosque mixto con gran presencia de taxones mediterráneos.

Los taxones mayormente representados en Galería son *Equus caballus*, *Cervus elaphus*, *Dama dama clactoniana*, *Stephanorhinus* cf. *hemitoechus*, *Megaloceros* cf. *giganteus*, *Cuon alpinus europaeus*, *Canis lupus*, *Vulpes vulpes*, *Pantera leo*, *Lynx pardina spelaea*, *Felis silvestris* y *Ursus spelaeus* (García y Arsuaga, 1998; Cervera *et al.*, 1999; Sánchez y Cerdeño, 1999; van der Made, 1999). Entre los micromamíferos destaca la presencia de *Arvicola* sp., *Microtus jansoni*, *Microtus* aff. *arvalis*, *Terrícola atapuerquensis*, *Iberomys brecciensis*, *Pliomys lenki*, *Allocricetus bursae*, *Eliomys quercinus*, *Marmota* sp., *Hystrix vinogradovi* (Cuenca-Bescós *et al.*, 1999a).

Entre las materias primas utilizadas para la talla de industria lítica destaca el sílex neógeno, la cuarcita y, de forma más minoritaria, la arenisca, que pueden hallarse en las inmediaciones de la Sierra de Atapuerca. Morfológicamente, destacan las bases naturales y las lascas en Trinchera Galería y Trinchera Zarpazos (García-Medrano, 2003; Ollé *et al.*, 2005).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 7.4. Imagen aérea de Trinchera del Ferrocarril y situación de los yacimientos arqueopaleontológicos descubiertos. (Foto J. Mestre/IPHES).

Figura 7.5. En primer plano, vista del yacimiento de Galería y, al fondo, de Gran Dolina, con anterioridad a las intervenciones arqueológicas de la década de los 80. (Foto EIA).

Figura 7.6. Vista actual de Trinchera de la Sierra de Atapuerca. (Foto J. Mestre/IPHES).

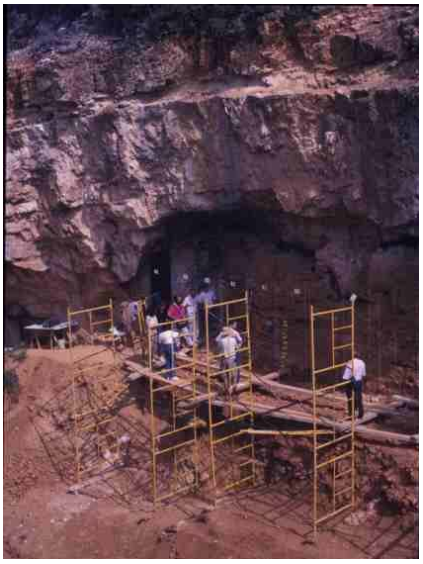

Figura 7.7. Excavación en Galería en la década de los años 80. (Foto EIA).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 7.8. Excavación actual de Covacha de los Zarpazos. (Foto J. Mestre/IPHES).

Figura 7.9. Fotografía de la Cueva de El Mirador en la actualidad (Foto J. Mestre/IPHES).

Figura 7.10. Intervención arqueológica en Portalón de Cueva Mayor (Foto: J. Trueba/MSF).

Figura 7.11. Trabajos de excavación en Sima de los Huesos. (Foto: J. Trueba/MSF).

Figura 7.12. Cuadrícula U-16 de Sima de los Huesos. En la imagen se aprecian algunos restos de *H. heidelbergensis*. (Foto: J. Trueba/MSF).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los estudios tafonómicos y tracedológicos realizados en GII y GIII permiten interpretar Galería como una trampa natural por la que los herbívoros caían a través del conducto vertical de Trinchera Norte. Generalmente, los carnívoros y los homínidos efectúan un acceso primario sobre los restos de herbívoros, aunque, ocasionalmente, los carnívoros intervienen sobre los restos abandonados por los homínidos. Sin embargo no se ha documentado ningún caso de acceso secundario por parte de los homínidos (Huguet, 1997; Huguet *et al.*, 1999; 2001; Cáceres, 2002; Ollé, 2003; Ollé *et al.*, 2005). Así, Galería sería un lugar de aprovisionamiento de biomasa animal para los grupos de *H. heidelbergensis* que habitaban la Sierra de Atapuerca.

En el nivel TG11, cercano a la entrada de Covacha de los Zarpazos, se halló un fragmento de hueso parietal humano y un fragmento de mandíbula con el M_2 y M_3 *in situ* pertenecientes a *Homo heidelbergensis*. (Arsuaga *et al.*, 1999; Rosas y Bermúdez de Castro, 1999).

7.5. Cueva de El Mirador

Fuera de Trinchera del Ferrocarril, en la vertiente meridional de la Sierra, se halla la boca de Cueva de El Mirador, a unos 1033 m. sobre el nivel del mar. La cavidad, que forma parte del sistema de la Sierra de Atapuerca, actualmente presenta la morfología de un abrigo (Figura 7.9).

En el año 1999 se inicia un sondeo de $6m^2$ en la zona oeste de la cavidad. La secuencia estratigráfica expuesta se divide en diferentes conjuntos heterogéneos en su composición y estructuración (Moral, 2002; Vergés *et al.*, 2002; Expósito, 2007; Vergés *et al.*, 2008). Las contextualizaciones cronológicas realizadas en los 27 conjuntos principales diferencian tres episodios crono-culturales: La Edad del Bronce (MIR 3-MIR 4, datados en 3020±40), el Neolítico (MIR 6-MIR 24, con edad radiocarbónica entre 4760±40 y 7060 ±40 años BP) y el Pleistoceno Superior (MIR 49-MIR 51) (Vergés *et al.*, 2008).

En esta secuencia cabe destacar un enterramiento colectivo de carácter secundario hallado en MIR4. Está formado por más de 200 restos humanos en donde ha sido posible identificar alteraciones que indican canibalismo gastronómico (Cáceres *et al.*, 2007). La unidad MIR 5 es un estrato de transición de unos 10 centímetros de potencia, formado por la sedimentación natural de egagrópilas. Las alteraciones tafonómicas observadas sobre los abundantes restos de microvertebrados recuperados indican que la rapaz originaria del conjunto sea, posiblemente, *Tyto alba* (Bennàsar *et al.*, en prep.).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Gran parte de la secuencia sedimentaria analizada del Holoceno presenta un elevado componente de ceniza, lo que indica la sucesión de acciones de combustión *in situ* de material vegetal y animal (Moral, 2002; Vergés *et al.*, 2002; 2008; Angelucci *et al.*, 2009). Por ello, se interpreta esta parte de la secuencia por el uso de la zona como cueva redil (Vergés *et al.*, 2002; 2008; Angelucci *et al.*, 2009). En ella se ha extraído un elevado número de restos faunísticos, industria lítica en diversas materias primas y restos cerámicos (Vergés *et al.*, 2008).

En la fauna se hallan numerosos ovicápridos, sobre todo individuos inmaduros, y, en porcentajes menores, bóvidos, suidos, équidos y cánidos. Algunos restos presentan marcas de corte y fracturas de origen antrópico, así como mordeduras relacionadas con la intervención de cánidos. La alteración más abundante es la cremación, asociada a los episodios de quema de los residuos del redil (Vergés *et al*., 2008).

Los taxones de micromamíferos más abundantes en el Holoceno de Cueva de El Mirador son *Terricola duodecimcostatus, Apodemus sylvaticus* y *Crocidura russula*. En cambio, en el Pleistoceno Superior destaca *Sorex* gr. *coronatus-araneus*, *Myotis* sp., *Miniopterus schreibersii*, *Microtus arvalis*, *Microtus agrestis*, *Microtus agrestis-arvalis, Microtus oeconomus, Chionomys nivalis, Terricola duodecimcostatus*, *Terrícola pyrenaicus* y *Apodemus sylvaticus* (López- García, 2008).

No obstante, los restos más abundantes en Cueva de El Mirador son los paleobotánicos: pólenes y fitolitos, carbones, frutos y semillas carbonizados están presentes en toda o en gran parte de la secuencia. En la secuencia polínica se detecta una relativa deforestación hacia el techo de la secuencia, vinculada con la apertura del entorno vegetal y un aumento de la comunidad arbustiva y herbácea, que conlleva el desarrollo de los pastizales así como la proliferación de las plantas acompañantes de los cultivos (Expósito, 2007).

7.6. Portalón de Cueva Mayor

Portalón de Cueva Mayor es un yacimiento arqueopaleontológico situado a unos 500 m. al Sureste de Trinchera del Ferrocarril. Este yacimiento fue estudiado a principio del siglo XX por numerosos arqueólogos como Carballo, Breuil y Obermaier, atraídos por las pinturas rupestres de esta cueva (Carballo, 1910; Breuil y Obermaier, 1913; Obermaier, 1925; Breuil, 1933). A partir del año 2000 se realizan

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

intervenciones arqueológicas sistemáticas de este yacimiento por parte del Equipo de Investigación de Atapuerca (Figura 7.10).

En la secuencia estratigráfica descubierta en los perfiles del pozo minero de 9 m. de profundidad es posible diferenciar 11 niveles (nombrados de 0 a 10 de techo a base), donde es posible diferenciar tres grande períodos cronológicos: la época histórica (niveles 0-1), el Holoceno (nivel 2 a nivel 9) y el Pleistoceno Superior (nivel 10) (Ortega *et al.*, 2004; 2008). El nivel inferior, el nivel 10, se ha dividido en 16 subniveles (de P1 a P16) en los que se han extraído restos de macromamíferos, abundantes microvertebrados y algunos restos de industria. Los análisis realizados en el nivel 10 mediante 14C AMS indican una cronología de 16980 ±80 BP para el techo y de 30300 ±190 BP para uno de los subniveles finales del nivel (subnivel P11) (López-García, 2008).

Los taxones de micromamíferos identificados en el nivel 10 son *Sorex* gr. *coronatus-araneus, Sorex minutus, Neomys fodiens, Neomys anomalus, Talpa europaea, Galemys pyrenaicus, Myotis myotis, Myotis* gr. *myotis-blythi, Microtus agrestis, Microtus arvalis, Microtus agrestis-arvalis, Microtus oeconomus, Iberomys cabrerae, Chionomys nivalis, Terrícola duodecimcostatus, Terricola pyrenaicus, Arvicola sapidus, Arvicola terrestris, Arvicola* sp., *Apodemus sylvaticus* y *Eliomys quercinus* (López-García, 2008).

La secuencia holocena se caracteriza por poseer una gran homogeneidad sedimentaria, matrices con abundante materia orgánica y numerosos restos arqueológicos. Las dataciones por 14C AMS del nivel 9 indican una cronología correspondiéndose con el período cultural Mesolítico-Neolítico. En este nivel se han registrado abundantes fragmentos cerámicos, restos faunísticos e industria lítica y ósea, además de una estructura negativa tipo silo de 80 centímetros de profundidad y 130 de diámetro (Ortega *et al.*, 2004; 2008; López-García, 2008).

El nivel 7/8 pertenece al Calcolítico. En este nivel destaca una estructura tumular que alcanza una altura de 200 cm. En ella se han hallado restos humanos, fragmentos cerámicos y restos de fauna, entre los que destacan dos individuos ovicápridos en conexión anatómica sobre las lajas de la base de la estructura (Ortega *et al.*, 2008).

Las dataciones realizadas en el nivel 6, mediante ^{14}C AMS, ofrecen una edad del Calcolítico-Bronce Antiguo, mientras que los niveles 5, 4 y 3 forman parte del periodo cultural del Bronce. El nivel 2 corresponde a momentos de ocupación de la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Edad del Hierro y los niveles superiores se corresponden a períodos históricos (Ortega *et al.*, 2008; López-García, 2008).

Los estudios polínicos realizados en el nivel 10 evidencian la presencia de bosques poco densos o en vía de degradación, de carácter frío y húmedo (Ruiz Zapata *et al.*, 2006). Esta vegetación se mantiene más o menos homogénea hasta el Calcolítico-Bronce Antiguo (niveles 6 a 4). A partir de este periodo se observa un medio de tipo abierto con taxones que reflejan unas condiciones climáticas templadas y húmedas. La presencia en el Bronce Medio (nivel 3) de *Olea* y *Quercus* perennifolio indica un predominio del clima mediterráneo y unas condiciones climáticas más cálidas y secas, lideradas por la expansión de la vegetación arbustiva (Ruiz Zapata *et al.*, 1993).

7.7. Sima de los Huesos

El yacimiento de Sima de los Huesos se encuentra situado en el complejo cárstico de Cueva Mayor-Cueva del Silo, a más de 500 m. de la entrada de Cueva Mayor (Arsuaga *et al.*, 1997). Los primeros restos humanos y úrsidos aparecen en 1976 (Aguirre *et al.*, 1976; Aguirre y de Lumley, 1977), a pesar de que las intervenciones sistemáticas no se inician hasta el año 1983 (Figura 7.11).

En Sima de los Huesos abundan los restos de carnívoros y de micromamíferos. Destacan los taxones *Ursus deningeri*, *Vulpes vulpes*, *Pantera leo* cf. *fossilis*, *Pantera* sp., *Lynx pardinus spelaeus*, *Felis silvestris*, *Canis lupus*, *Meles meles*, *Martes* cf. *foina*/*martes* y *Mustela nivalis* (García *et al.*, 1997), *Eliomys quercinus*, *Apodemus* sp., *Allocricetus correzensis*, *Pliomys lenki*, *Myotis* sp., *Rhinolophus* sp., *Miniopterus* sp., Lagomorpha indet. (Cuenca-Bescós y García, 2007). Sin embargo, no existen ningún taxón perteneciente a herbívoros.

Este yacimiento se caracteriza por la presencia de más de 5000 fósiles hallados, a día de hoy, pertenecientes a *Homo heidelbergensis* (Martínez *et al.*, 2008) (Figura 7.12). Estos restos corresponden a 28 individuos, la mayoría juveniles o adultos jóvenes (Bermúdez de Castro *et al.*, 2004). Las características de la acumulación así como el sesgo poblacional señalan un origen primario y antrópico para el depósito (Arsuaga *et al.*, 1993).

Entre los restos humanos se ha hallado un artefacto lítico de grandes dimensiones, tallado en cuarcita bicolor y perteneciente al Modo 2. La morfología, la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

materia prima y la singularidad de esta pieza se ha interpretado como la primera ofrenda funeraria (Carbonell *et al.*, 2003).

Los análisis radiométricos y paleomagnéticos, así como los datos biocronológicos, datan el estrato donde están contenidos los restos de *H. heidelbergensis* en un mínimo de 350 ka. (Arsuaga *et al.*, 1997; Bischoff *et al.*, 1997; Cuenca-Bescós *et al.*, 1997; Parés *et al.*, 2000; Bischoff *et al.*, 2003). Las recientes dataciones de un fragmento de espeleotema superpuesto a los restos humanos ofrecen una datación más antigua, de 530 ka. (Bischoff *et al.*, 2007).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 8

Sima del Elefante

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

8.1. Marco histórico de las intervenciones

Sima del Elefante es una de las cavidades de origen freático que conforman el sistema cárstico de la Sierra de Atapuerca. La trinchera realizada en el s. XIX seccionó parte del extremo NW de la Galería Baja, dejando al descubierto rellenos colmatados conocidos como BU-IV.A.8 o Sima del Elefante y BU-IV.A.9 (Martín Merino *et al.*, 1981; Ortega *et al.*, 2005) (Figura 8.2).

Sima del Elefante corresponde a una de las bocas del complejo cárstico que se abrió durante el Pleistoceno Inferior, permitiendo el inicio de la sedimentación hasta que se selló la entrada.

La primera intervención en Sima del Elefante fue en 1986, dirigida por el Dr. Emiliano Aguirre. En ese momento se realizó un muestreo con la finalidad de conocer las características del relleno y determinar una cronología aproximada para los depósitos sedimentarios. En esta intervención se recuperaron tres piezas de industria lítica en los niveles superiores y algunos restos de équido (Huguet, 2007).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En 1996 se inicia un nuevo muestreo desde la zona medial de la cavidad. Con posterioridad se elabora la primera nomenclatura de los diferentes estratos y se desarrolla un exhaustivo trabajo de topografiado de la cavidad.

Dos años más tarde, se amplia la zona del sondeo tres metros más hacia el sur geográfico, desde el nivel TE14. En 2001 se intervienen los niveles superiores del relleno con la finalidad de conocer mejor las diferentes facies sedimentarias, completar la estratigrafía de 1996, determinar el potencial arqueopaleontológico y preparar esta zona del yacimiento para la futura excavación en extensión (Huguet, 2007).

En el año 2002, y tras nivelar la cota de nivel de los sondeos realizados anteriormente, se excavan 7 cuadros del nivel TE9a. En el 2002 se realizan dos muestreos geológicos con la finalidad de establecer la profundidad y características del relleno sedimentario. En uno de los sondeos se pudo apreciar que la secuencia del depósito de Sima del Elefante continua hasta seis metros por debajo de la cota base de Trinchera (Huguet, 2007).

En 2003 se interviene y prepara para futuras excavaciones los niveles TE18 y TE19 (Figura 8.6). También se amplia la superficie de excavación de los niveles inferiores 5 metros hacia el norte geográfico, estableciendo así la planta de excavación actual, que abarca la superficie actual de 32 m^2 (cuadros de D a M, de norte a sur, y los números de 28 a 31 de oeste –trinchera- a este –sección cueva) (Figura 8.8).

8.2. Marco geológico y estratigráfico

Sima del Elefante consta, actualmente, de 25 metros de altura y 15 de anchura (N-S). Los sedimentos de la cavidad son alóctonos depositados directamente sobre el suelo de caliza. El relleno está dividido en 15 unidades estratigráficas agrupadas en tres grandes fases sedimentarias (Figuras 8.1, 8.2 y 8.3):

- TE-LRU o Fase I: Comprende los niveles inferiores: TE7-TE14.
- TE-URU o Fase II: Comprende desde el nivel TE15 hasta TE19
- Fase III: Abarca los niveles TE20 y TE21

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

8.2.1. TE-LRU

El paquete denominado Trinchera Elefante Lower Unit Red (TE-LRU), es también conocido en algunas publicaciones como Fase I (Rosas *et al.*, 2001; 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2001). Se debe tener en cuenta que los datos estratigráficos expuestos a continuación se extraen de Rosas y colaboradores (2001; 2004; 2006) y de Carbonell y colaboradores (2008) (Figura 8.1).

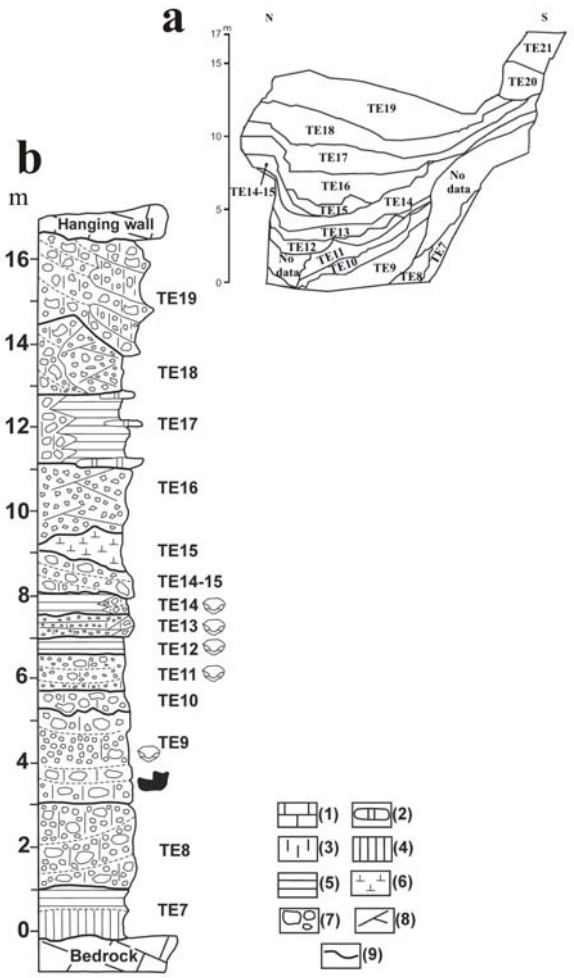

Figura 8.1. Sección y Litoestratigrafía de Sima del Elefante. **a**. Sección. **b**. Litoestratigrafía. Leyenda: 1. Caliza del Mesozoico, 2. Espeleotemas, 3. Arcillas/lutitas, 4. Guano, 5. Arenas laminadas, 6. Margas, 7. Gravas y cantos 8. Cruce o laminación 9. Discontinuidad estratigráfica. Nivel con industria lítica. Nivel con restos humanos (Modificada de Carbonell *et al.*, 2008).

La unidad TE9 contiene una secuencia de coladas detríticas de cantos subangulosos intercalados por las bandas de arcillas, muy plásticas y sin clastos. En la excavación se han diferenciado tres etapas de entrada y relleno (TE9a, TE9b, TE9c) y una estructura erosiva. Esta estructura de tipo *cut & fill* del nivel TE9 se localiza horizontalmente en los cuadros H e I. Las observaciones de campo permitieron reconocer que el origen del relleno del *cut & fill* proviene de la unidad TE15, mezclada con los niveles inferiores (Huguet, 2007).

TE10 es un nivel de bloques y grandes cantos sin estructura interna aparente y con poca matriz arcillosa.

La unidad TE11 está compuesta por cantos blandos de margas y se caracteriza por una mezcla de aportes de diferentes orígenes.

TE12 está compuesto por una sucesión de coladas detríticas de carácter gravitatorio que erosionan el nivel precedente. Las facies de TE12 presentan importantes cambios laterales: mientras en el extremo proximal predominan los

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

grandes bloques, que van desapareciendo en la zona medial, en el extremo distal se aprecian arcillas prismáticas sin apenas clastos. En la potencia estratigráfica de TE12, que disminuye hasta su total desaparición hacia el interior de la cavidad, se han podido diferenciar tres etapas de relleno (TE12a, TE12b, TE12c).

La unidad TE13 está formada por gravas homométricas con estratificación cruzada de angulación débil, muy seleccionada y con poca matriz.

La composición del nivel TE14 se caracteriza por la sucesión de coladas detríticas con importantes cambios laterales, diferenciados en tres subniveles: TE14a, TE14b y TE14c. TE14a es una colada de matriz arcillosa con grandes clastos que disminuyen de tamaño hacia los laterales. TE14b está formado por arcillas rojas laminadas alternadas con elementos detríticos de diferentes tamaños. TE14c se compone de una matriz arenosa con clastos de tamaño medio.

Los sedimentos de TE-LRU poseen un gran ángulo de inclinación hacia el Norte. Esta inclinación, que alcanza los 38º en TE9, decrece hacia TE14 (Parés *et al.*, 2006) (Figura 8.4). La actual discusión gira alrededor del origen de esta inclinación, formulándose dos hipótesis: bien los sedimentos de este paquete corresponden a un buzamiento primario, o bien corresponden a una discordancia secundaria originada por el colapso de los depósitos inferiores.

La primera de ellas afirma que la inclinación es la original del sedimento. Esta hipótesis se apoya en el decrecimiento de la inclinación del paquete a medida que la cueva se rellena de sedimentos. Además, se fundamenta en la presencia de un cambio lateral de las facies, ya que las proximales son más gruesas que las de la zona distal, donde aumenta el contenido en limos. Todo ello parece señalar que los sedimentos entran en la cavidad gravitacionalmente, creando un talud de forma cónica (Rosas *et al.*, 2004; 2006). Además, los recientes estudios plaeomagnéticos realizados indican que los sedimentos conservan la superficie paleodeposicional original (Parés *et al.*, 2006).

La segunda hipótesis defiende que la inclinación es resultado de los procesos de reajuste sedimentario consecuencia de una fase erosiva inferior (Rosas *et al.*, 2001). Esta hipótesis se basa en la discontinuidad que muestran algunos estratos y en la existencia de deformidades y fracturas. Una de las deformidades más llamativas es la que se puede observar en los niveles TE13 y TE14 en la zona norte (Figura 8.5).

Recientemente, se ha planteado un modelo espeleogenético del sector de Elefante donde se defiende esta segunda hipótesis (Ortega, 2009). En él, Sima del Elefante podría poseer una zona de conexión con el nivel inferior del carst cuando por

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 8.2. Vista general de Sima del Elefante. Se enmarcan en el rectángulo los niveles que conforman la Fase inferior o TE-LRU. Ver figura 8.3. (Foto: EIA).

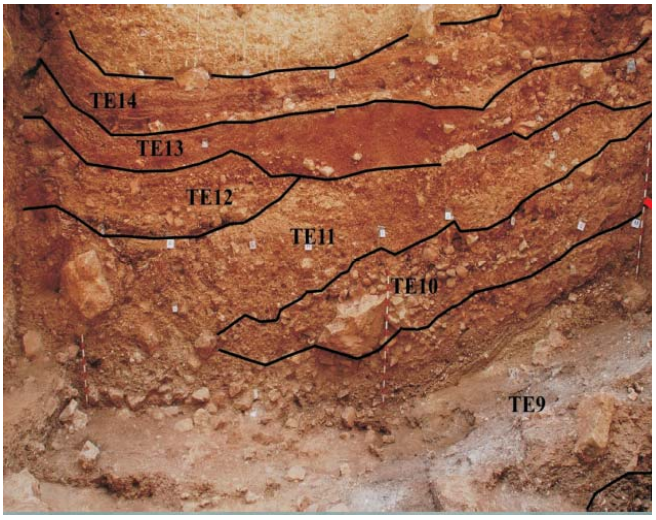

Figura 8.3. TE-LRU de Sima del Elefante. Se puede apreciar el buzamiento (ver figura 8.4) y la deformación (ver figura 8.5) de los niveles (modificada Huguet, 2007).

Figura 8.4. Detalle del buzamiento del nivel TE9 visto desde el Norte. (Foto: R. Huguet).

Figura 8.5. Detalle de la deformación de los niveles TE13 y TE14.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 8.6. Excavación del nivel TE19 durante la campaña de 2003. (Foto: J. Mestre/IPHES).

Figura 8.7. Asta de cérvido del nivel TE9. (Foto: J. Mestre/IPHES).

Figura 8.8. Excavación de la extensión de TE9 en el año 2006. (Foto: J. Mestre/IPHES).

Figura 8.10. Industria lítica en sílex cretácico *in situ* en TE9. (Foto: J. Mestre/IPHES).

Figura 8.11. Mandíbula de *Homo antecessor* del nivel TE9 (J. Trueba/MSF).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

el conducto inferior de Cueva Peluda circulaba una carga de gravas metamórficas que produjo la entrada de la terraza del Arlanzón al interior del carst. Este evento debió ocasionar la apertura del techo del conducto de Peluda y el vaciado y remonición de sedimentos de Elefante.

8.2.2. TE-URU

Este paquete, que comprende desde la unidad TE15 hasta la TE19, se conoce como Trinchera Elefante Upper Red Unit (TE-URU), o bien bajo la denominación de Fase II. Los datos actuales indican que el origen de este paquete es de carácter hidrodinámico. Los sedimentos presentan coloración pardo-rosado con tonalidades claras, no documentada en ningún otro yacimiento de la Trinchera (Huguet, 2007). Además, este paquete carece de elementos de origen próximo al de la cavidad, sugiriendo que el valle cercano, o Valle del Elefante, afectó a la sedimentación de las unidades inferiores y medias de Sima del Elefante (Benito, 2004). Esto se evidencia también por las margas retrabajadas del Mioceno y/o Cretáceo de los sedimentos de la cavidad y por la similitud de textura y color entre los sedimentos actuales del valle y los de la Fase II (Benito, 2004). Según esto, el flujo hídrico discurrió desde el interior del karst hacia fuera de la cavidad (Rosas *et al.*, 2004; 2006).

La unidad TE15 erosiona la parte superior del nivel TE14, formando una estructura de tipo *cut & fill*, que afecta también al nivel TE9. El punto de entrada de la matriz margosa con colada de gravas y se localiza en la zona sur de la sección de la cavidad (Huguet, 2007).

En la matriz arcillosa de color pardo rojizo de la unidad TE16 es posible distinguir diferentes flujos detríticos. En la zona central se aprecian pequeñas gravas laminadas que indican depósitos de corrientes hídricas relativamente organizados (Huguet, 2007).

El nivel TE17 está formada por una secuencia de limos carbonatados masivos de color pardo cálido, intercalados entre espeleotemas calcíticos. Esta unidad muestra un tiempo de sedimentación autóctona de clastos de textura fina que indica ausencia de aportes externos.

Hasta el día de hoy, no se han documentado restos fósiles de ningún tipo en los niveles TE15, TE16 y TE17.

En la unidad TE18 se diferencian diversos niveles detríticos estratificados con marcados cambios laterales, así como varios canales erosivos. En la sección sur es

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

posible observar una gran concrección travertínica con evidencias de una posterior erosión y transporte.

La potencia de la unidad TE19 está dividida en seis coladas detríticas (de TE19a a TE19g). Se han identificado dos regímenes sedimentarios distintos de TE19 alternados en el tiempo. El primero de ellos es de carácter gravitacional, con entrada principal por el norte, a pesar de que se ha localizado puntualmente entrada de sedimentos por el sur. En segundo lugar se halla la sedimentación en una pequeña laguna localizada en el sector sur, donde los sedimentos están más ordenados. Es posible detectar la formación por clastos de flujo de gravedad, con texturas de gravas medias y gruesas, que pasan a tener menor tamaño en los laterales (Huguet, 2007).

8.2.3. Fase III

La secuencia de la Fase III está compuesta por dos unidades, TE20 y TE21, caracterizadas por sedimentos de carácter gravitacional, con gravas y bloques con escasa matriz. Ninguna de estas unidades ha sido, a día de hoy, intervenida arqueológicamente.

8.3. TE-LRU

Los restos faunísticos son abundantes en la secuencia estratigráfica de Sima del Elefante, aunque se observa una diferencia notable en el número de restos y especies presentes entre TE-LRU y TE-URU. Mientras los restos de microvertebrados abundan en la TE-LRU y escasean en la TE-URU, los restos de macromamíferos experimentan una tendencia inversa.

8.3.1. Microvertebrados

En general, los restos de microvertebrados de Sima del Elefante son muy abundantes, pero especialmente en el Fase I o TE-LRU. Entre los micromamíferos abundan los roedores e insectívoros tanto en número de restos como en variabilidad de especies. Los lagomorfos, aunque son muy abundantes en restos representados, muestran baja variabilidad de especies en la secuencia. El orden Chiroptera presenta un tasa de representación baja en relación al resto de ordenes.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Existe un gran número de microvertebrados no mamíferos, entre los que destacan los anfibios, quelonios y un gran número de vértebras de salmónidos que están en fase de estudio.

Además, se halla un gran número de restos de aves de diverso tamaño, siendo la clase Aves el grupo taxonómico más representado en el paquete inferior de Sima del Elefante. Sin embargo, gran parte de los restos estudiados hasta el momento pertenecen a taxones de gran tamaño, que serán abarcados en este trabajo con independencia de los macro y microvertebrados.

El abundante registro de micromamíferos recuperado en la Sierra de Atapuerca ha permitido realizar una escala biocronológica a partir de la creación de 7 unidades faunísticas (FU) (Cuenca-Bescós y García, 2007; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010). Por un lado, la asociación de micromamíferos de la Fase I de Sima del Elefante conforma la FU 1 la más antigua, actualmente, de la Sierra (1,4-1,2 Ma.). Por otro, la Fase II forma parte de la FU 6 junto con la asociación de Trinchera Galería. La unidad faunística 6 está formada por los registros del inicio del Pleistoceno Medio, siendo la Fase II la asociación más reciente de toda la unidad faunística. (Cuenca-Bescós y García, 2007; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010). De este modo, en Sima del Elefante está representada la asociación de micromamíferos más antigua y una de las más recientes del conjunto formado por los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Cuenca-Bescós *et al.*, 2001).

Los taxones presentes en la fase TE-LRU (TE7-TE14) son: *Beremendia fissidens, Asoriculus gibberodon, Crocidura kornfeldi, Erinaceus* cf. *europaeus, Talpa* cf. *europaea, Galemys* cf. *kormosi, Sorex* sp. y *Crocidura* cf. *russula,* pertenecientes al orden Eulipotyphla. Entre los roedores se hallan los taxones *Allophaiomys lavocati, A. nutiensis, A. burgondiae, Pliomys* cf. *simplicior, Ungaromys* sp., Arvicolidae nuevo género nueva especie, *Castillomys rivas, Sciurus* sp., *Eliomys quercinus, Castor fiber, Apodemus* sp. En el grupo de los roedores predomina el género Allophaiomys, especialmente la especie *Allophaiomys lavocati,* aunque se ha detectado algunos morfotipos de las especies *A. nutiensis* y *A. burgondiae* (G. Cuenca-Bescós, com. pers.). Entre los quirópteros destacan *Myotis* sp. y *Rhinolophus* sp., mientras que entre los lagomorfos se hallan *Oryctolagus* cf. *giberti* y *Lepus* sp. Entre los microvertebrados no mamíferos se halla a *Salamandra salamandra, Alytes obstetricans, Pelobates cultripes, Pelodytes punctatus, Bufo bufo, B. calamita, Hyla arborea, Rana* sp., *Lacerta* sl., *Anguis fragilis, Natrix* cf. *natrix, N.* cf. *maura, Coronella* cf. *girondica* y *Vipera* sp. (Cuenca-Béscos y García, 2007; Agustí *et al.*, 2009; de Marfà, 2009; Rofes, 2009; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2010; Rofes y Cuenca-Bescós, 2010).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

8.3.1.1. Indicios biocronológicos

Actualmente las especies de roedores de la unidad inferior de Sima del Elefante están en revisión. Hasta el momento ha sido posible definir una alta variabilidad de especies de *Allophaiomys* (*A. lavocati*, *A. nutiensis* y *A. burgondiae*) que posee una rápida evolución durante el Pleistoceno Inferior (Cuenca-Bescós *et al.*, 2001). Así mismo, se ha determinado la presencia de *Castillomys rivas*, una especie propia del Plioceno español que se extingue durante el Pleistoceno Inferior (Laplana y Cuenca-Bescós, 2000), y del taxon *Ungaromys* sp., frecuente en los yacimientos del Pleistoceno Inferior del resto de Europa, aunque no es muy abundante en la Península Ibérica (Sesé y Sevilla, 1996; Cuenca-Bescós *et al.*, 2001).

El paquete inferior de Sima del Elefante se caracteriza por poseer la Primera Aparición (PA o FAD) y la Última Presencia (UP o LAD) de *Allophaiomys lavocati*, *A. nutiensis*, *A. burgondiae* y *Castillomys rivas* (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010).

La asociación de roedores de la Fase inferior de Sima del Elefante está datada entre 1,5 y 1,1 Ma., en el magnetocron Matuyama (Cuenca-Bescós y García, 2007). Los yacimientos europeos del Pleistoceno Inferior como Fuente Nueva 3 y Barranco León, en España, Le Vallonnet y Les Valerots, en Francia, y Pietrafitta, Pirro Nord y Monte Peglia, en Italia, presentan una asociación de roedores similar a la hallada en TE-LRU de Sima del Elefante (López Martínez *et al.*, 1976; Chaline, 1984; Chaline *et al.*, 1985; Chaline, 1988; Agustí, 1996; Sesé y Sevilla, 1996; Martínez-Navarro *et al.*, 1997; Laplana *et al.*, 2000; Cuenca-Bescós *et al.*, 2001; Azarello *et al.*, 2007; Cuenca-Bescós y García, 2007; Carbonell *et al.*, 2008).

En TE-LRU o Fase I de Sima del Elefante se ha registrado la presencia de 8 especies de insectívoros agrupados en 3 familias: Erinaceidae (*Erinaceus* cf. *europaeus*), Talpidae (*Talpa* cf. *europaea* y *Galemys* cf. *kormosi*) y Soricidae (*Beremendia fissidens*, *Asoriculus gibberodon*, *Crocidura kornfeldi*, *Crocidura* cf. *russula*, *Sorex* sp.). En cuanto a los insectívoros, este paquete sedimentario se caracteriza por poseer la UP de *Beremendia fissidens*, *Asoriculus gibberodon* (Rofes, 2009; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010).

La distribución de estas especies de insectívoros en los niveles TE9 y TE13 permite distinguir tres grandes fases climáticas que se corresponderían con el estadio Waalian (Matuyama), estimando una cronología de 1,5-1,25 Ma. (Cuenca-Bescós y Rofes, 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2004; Rofes y Cuenca-Bescós, 2006; 2010; Rofes, 2009).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En un primer estudio sobre los lagomorfos de TE-LRU, la Dra. López Martínez (en Rosas *et al.*, 2001) identificó la presencia de liebres y conejos similares a los de Monte Peglia (Italia) con una edad estimada de 1,3-1,1 Ma. (Maul *et al.*, 1998). Los taxones identificados como liebres son similares a los de Huescar-1 (Granada) y el nivel 4 de Trinchera Dolina (TD4) (Burgos). En cambio, los taxones de conejo de Sima del Elefante difieren de los presentes en TD4. Actualmente, estos taxones están en fase de revisión y, hasta el momento, se ha podido identificar la presencia de *Oryctolagus* cf. *giberti*, *Lepus* sp. en los niveles inferiores (de Marfà, 2009).

8.3.1.2. Indicios paleoecológicos

La asociación de roedores de la FU1 indica un período húmedo y temperado dentro del magnetocron Matuyama, que corresponde al estadio Waalian. Con anterioridad a este estadio se dio una fase árida, el Eburonian (1,7 Ma.), que favoreció la distribución de *Allophaiomys* por el centro, oeste y sur de Europa (Cuenca-Bescós y García, 2007), siendo posible su llegada a la Península Ibérica.

Recientemente se ha propuesto la biozona de *Allophaiomys lavocati* que comprende las faunas pre-jaramillo (1,5- 1,1 Ma.) (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010). Está definida por la presencia de *Allophaiomys lavocati*, *A. nutiensis*, *A. burgondiae* y *Castillomys rivas*, incluyendo así las faunas de la unidad roja de Sima del Elefante (TE-LRU). En Europa, la biozona puede incluirse en el Bihariense (correlacionado con el final del Villafranquiense) de las faunas de Farneta y Pirro (Sardella *et al.*, 1998; Cuenca Béscós *et al.*, 2010). Esta biozona propuesta correspondería con la parte superior de la biozona de *A. pliocaenicus* propuesta por Agustí y Moyà-Solà (1991).

La distribución de los taxones pertenecientes al Orden Eulipotyphla a lo largo de los niveles TE9 y TE13 permite diferenciar tres grandes fases climáticas. La fase A (TE9b): La abundancia de *Crocidura* es indicativa de clima cálido y relativamente seco pero la presencia de *Beremendia* apunta a la existencia de grandes masas de agua cercanas; fase B (TE9a): *Crocidura* desaparece totalmente mientras los taxones *Neomys* y *Sorex* indican un clima más frío y húmedo; y la fase C (TE10-TE13): la reaparición de *Crocidura* revela un clima más cálido y más seco (Cuenca-Bescós y Rofes, 2004). Estas tres fases parecen corresponderse con la sucesión de eventos cálido-frío-cálido característica del Waalian (1,5-1,25 Ma.) (Cuenca-Bescós y Rofes, 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2004; Rofes y Cuenca-Bescós, 2006; 2010; Rofes, 2009).

Entre los micromamíferos, la presencia de las especies *Galemys* cf. *kormosi*, *Asoriculus gibberodon* y *Castor fiber* en algunos niveles del paquete inferior de Sima

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

del Elefante indica la presencia de ríos o lagos cercanos con importantes masas de agua, en regiones predominantemente frías (Rofes, 2009).

La herpetofauna sugiere un paisaje con poca variabilidad a lo largo de la secuencia estratigráfica, con una gran representación de las praderas húmedas y bosques (H. A. Blain, com. pers.). Algunos de los taxones representados, como *S. salamandra*, *Rana* sp. o *B. bufo*, requieren de zonas húmedas y sombrías, con altas precipitaciones, y, preferentemente, cercanos a masas de agua continua. Sin embargo, la presencia de *B. calamita* sugiere la existencia cercana de entornos abiertos y secos, con escasa cobertura vegetal y suelos pedregosos.

La representación de especies del orden Amphibia estima un clima cálido, con inviernos bastante fríos y veranos lluviosos (H. A. Blain, com. pers.).

8.3.2. Macrovertebrados

Los restos de macrovertebrados, a pesar de ser, en general, menos abundantes que los restos de microvertebrados, son numerosos en el registro faunístico de Sima del Elefante. Como se ha apuntando con anterioridad, la aparición de ambos grupos posee una tendencia inversa en las diferentes fases del relleno de la cueva. Así, en TE-URU abundan los restos de macrovertebrados y se registra un menor volumen de restos de microvertebrados, mientras que en la Fase inferior (TE-LRU) los microvertebrados son más numerosos que los restos de macrovertebrados.

En los macrovertebrados se han registrado fósiles pertenecientes a primates, carnívoros, artiodáctilos y perisodáctilos (Tabla 8.1).

8.3.2.1. Indicios biocronológicos

Durante la campaña de excavación del 2007 se hallaron los primeros restos humanos de Sima del Elefante, exactamente en I31 del nivel TE9c. Se trata de un fragmento de mandíbula (región sinfisal con algunos dientes *in situ*) y un P_4 aislado de un mismo individuo atribuido, de forma provisional, a *Homo antecessor* (Carbonell *et al.*, 2008; Bermúdez de Castro *et al.*, en prensa) (Figura 8.11). En campañas posteriores, y en el mismo estrato, se extrajeron una falange y un fragmento de húmero adscritos también a *H. antecessor*. En este último fósil se registró una marca de corte que indica la práctica del canibalismo entre los grupos humanos más antiguos de la Sierra de Atapuerca.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los restos que identifican la presencia de *Macaca* sp. en Sima del Elefante son dos falanges (medial y distal) halladas en el nivel TE9a.

	TE-LRU					
	TE9	**TE10**	**TE11**	**TE12**	**TE13**	**TE14**
Primates						
Macaca sp.	•					
Homo antecessor	•					
Carnivora						
Vulpes cf. *alopecoides*		•		•		•
Canis sp. *(C. armensis/mosbachensis)*	•	•		•	•	•
Lynx cf. *issiodorensis*	•			•		
Pannonictis nestii	•	•				
Baranogale cf. *antiqua*	•			•		
Ursus cf. *dolinensis*				•		•
Lynx sp.	•		•			
Mustela cf. *palerminea*	•		•			
Panthera gombaszoegensis	•			•		
Canidae indet.			•	•		
Artiodactyla						
Hippopotamus sp.						•
Bovidae indet.	•			•		
Bison sp.	•		cf.			cf.
Cervidae indet.	•		•		•	
Cervus elaphus						
Eucladoceros giulii	•	•		•		
Megacerini indet.						
Dama "nestii" vallonnetensis	•	•		•	•	•
Suidae indet.	•					
Perissodactyla						
Stephanorhinus cf. *etruscus*						•
Equus cf. *stenonis*	•	•		•	•	•

Tabla 8.1. Taxones de macromamíferos representados en los niveles de Sima del Elefante (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006; van der Made *et al.*, 2003; Cuenca-Béscos y García, 2007; Carbonell *et al.*, 2008; García *et al.*, 2008).

La aparición de la especie del mustélido conocido como *Pannonictis* oscila entre 2,6 Ma. hasta el Epivillafranquiense (1,3-0,9 Ma.), aunque los registros más comunes se dan entre 2,6 y 1,4 Ma. (García *et al.*, 2008). *P. nestii* está propiamente relacionado con el Pleistoceno inicial. Recientes investigaciones muestran que la talla y la morfología dental y craneal de los dos individuos aparecidos en TE9 se asemejan a los registrados en el yacimiento de Pietrafitta (Italia) datado alrededor de 1,4 Ma. (Rook, 1995; Gliozzi *et al.*, 1997; en Carbonell *et al.*, 2008), por lo que se propone un

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

rango cronológico entre 1 y 1,4 Ma. para los restos de Sima del Elefante (García *et al.*, 2008; García y Howell, 2008). Los taxones *Vulpes* cf. *alopecoides*, *Lynx* cf. *issiodorensis*, *Panthera gombaszoegensis*, *Baranogale* cf. *antiqua* y *Mustela palerminea* son taxones típicos del biocron Villafranquiense Medio-Final o Epivillafranquiense (Rosas *et al.*, 2004).

Los restos de úrsidos hallados en el nivel TE12 corresponden a la especie *U. dolinensis*, definida por primera vez a través de los restos hallados en TD4, indicándonos una cronología de alrededor de 1 Ma. para este nivel (García y Arsuaga, 2001a; Cuenca-Bescós y García, 2007).

Los restos de *Bovinae* representados en el paquete inferior de Sima del Elefante pertenecen a *Bison* y no a *Leptobos*, aunque no es posible asignarlos a ninguno de los linajes de *Bison* existentes durante el Pleistoceno Inferior (*Bison degiulii- B. s. langenocorrnis - B. s. schoetensacki* de 1,2 Ma., ni *Bison menneri- B. voigtstedtensis* de 1Ma.) (Rosas *et al.*, 2004; 2006).

El taxón más representado en toda la secuencia es *Dama* (Rosas *et al.*, 2004). Los restos hallados en TE10 y TE14 son de mayor tamaño que los restos de *Dama "nestii" vallonnetensis* de Le Vallonet y Untermassfeld, lo que podría indicar cronología anterior a Jaramillo (van der Made *et al.*, 2003; Rosas *et al.*, 2004). Otro cérvido representado entre TE9 y TE12 es *Eucladoceros giulii*, de gran tamaño y metápodos gráciles. Este taxón sitúa los niveles en el Pleistoceno Inferior (aparición en Europa), puesto que desaparece al principio del Pleistoceno Medio (van der Made, 2001) (Figura 8.7).

En TE14 aparecieron restos de pertenecientes a *Stephanorhinus* cf. *etruscus*. Aunque actualmente están en fase de estudio, sabemos que *S. etruscus* fue paulatinamente remplazado por *S. hundsheimensi* alrededor de la transición del Pleistoceno Inferior al Medio (Rosas *et al.*, 2004; 2006), por lo que su presencia en TE14 sugiere una cronología anterior a 0,78 Ma.

Los suidos e hipopótamos están también representados en el paquete inferior de Sima del Elefante, aunque, actualmente y en espera de nuevas investigaciones, no ha sido posible adscribirlos a una especie determinada.

En líneas generales, y a modo de resumen de lo anteriormente expuesto, la asociación macrofaunística representada en TE-LRU de Sima del Elefante ofrece un amplio rango cronológico entre 1,4 y 0,8 Ma. Probablemente, el rango cronológico para estos niveles es de entre 1,3 y 1 Ma.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

8.3.2.2. Indicios paleoecológicos

En la fase inferior de Sima del Elefante la presencia de especies muy vinculadas a medios acuáticos (como castores, mustélidos tipo nutria, pigardos e hipopótamos) indica la existencia de masas de agua permanentes en las cercanías de la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior.

Los restos de macrovertebrados, así como también los de microvertebrados, indican la presencia de una gran zona húmeda con agua remansada (laguna o tramos fluviales de aguas lentas) y aguas corrientes durante la formación de LRU de Sima del Elefante.

8.3.3. Avifauna

Los restos de aves son muy abundantes en TE-LRU de Sima del Elefante. Los más de 1300 restos coordenados hasta el momento en el campo representan el 40% del total del registro recuperado (Huguet, 2007) (Tabla 8.2).

		TE9	**TE10**	**TE12**	**TE13**	**TE14**	Sin determinar
Anatidae	*Anas* sp.					•	
Accipitridae	*Haliaeetus albicilla*	•	•		•		
Falconidae	*Falco tinnunculus*					•	
Phasianidae	*Perdix palaeoperdix*	•	•			•	
Columbidae	*Columba livia/oenas*	•	•		•	•	
Fringillidae	*Carduelis chloris*	•	•				
	Acanthis flammea						•
Corvidae	*Corvus antecorax*	•	•	•	•	•	
	Pyrrhocorax pyrohocorax						•
	Corvus corax s. frugilegus						•
Galliforme	*Lagopus mutus*						•
Turdidae	*Phoenicurus ochruros*						•
	Turdus sp.						•
Caradiforme	*Lymnocryptes minimus*						•
	Vanellus vanellus						•

Tabla 8.2. Taxones de aves presentes en los niveles de Sima del Elefante (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006; Sánchez-Marco, 2002; 2004; van der Made *et al.*, 2003). Se utiliza la categoría de "sin determinar" para aquellas especies descritas en Sánchez-Marco (2004) donde no se especifica la procedencia concreta dentro de TE-LRU.

Los restos de *Corvus antecorax* son muy abundantes en todos los niveles del paquete inferior. Esta especie, abundante en otros yacimientos de la Sierra de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Atapuerca, es de talla más pequeña que el cuervo actual de la Península Ibérica. Es un taxón común y abundante en ámbitos kársticos del Pleistoceno Medio (Sánchez-Marco, 1999; 2002; Rosas *et al.*, 2001).

La presencia de taxones como *Columba livia* s. *oenas* y *Perdix palaeoperdix* es común y abundante en la Sierra de Atapuerca debido a que eligen los roquedos como lugar de nidificación (Sánchez-Marco, 1987; 1995 y 1999).

Los pocos restos existentes de *Anas* sp. se hallan únicamente en TE14, pero la sola presencia de este taxón ofrece datos paleoecológicos muy significativos, dado que los anátidas requieren de masas de agua para su existencia.

Haliaeetus albicilla es una ave raramente representada en la Península Ibérica, dado que su región geográfica más común corresponde al Paleoártico (Rosas *et al*., 2001). A pesar de ello, la presencia de este taxón en los niveles TE9, TE10 y TE13 está documentada por la aparición de todas las partes esqueléticas. Se trata de una rapaz muy ligada a ambientes fríos y acuáticos, dado que se alimenta básicamente de peces y otras pequeñas aves acuáticas. A pesar de ello está documentada en el Pleistoceno Superior de Es Pouàs (Sant Antoni de Portmany, Eivissa) (Alcover y McMinn, 1992).

Los restos de *Falco tinnunculus* no son muy abundantes en Sima del Elefante y están probablemente relacionados con la instalación de nidos en las zonas rocosas cercanas a la cueva. Esta rapaz diurna, presente durante todo el Pleistoceno en los yacimientos europeos, se halla también en el yacimiento de la Galería (Sánchez-Marco, 2004).

El único taxón presente en Sima del Elefante sin conexión directa con ambientes húmedos es *Carduelis chloris*. El verderón es un pequeño pájaro relacionado con ecosistemas de árboles y arbustos (Rosas *et al.*, 2001).

Gran parte de la avifauna representada en Sima del Elefante es muy próxima a ecosistemas de laguna o cursos fluviales (Rosas et al., 2001, 2004, 2006 Sánchez-Marco, 2002; 2004).

8.3.4. Arqueobotánica: antracología y palinología

En los subniveles de TE9 ha sido posible recuperar un centenar de restos antracológicos. En este nivel se han registrado carbones pertenecientes a *Acer* sp. y *Quercus* sp. deciduos, indicando la existencia de un ambiente húmedo y templado, junto con diversos fragmentos de Angiosperma indet. y Conifera indet.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Durante la campaña de 2001 se realizó un sondeo palinológico en la zona este del yacimiento, abarcando todos los niveles de la Fase I. Sin embargo, la escasez polínica registrada en las muestras imposibilitó la obtención de datos estadísticos. No obstante, recientes muestreos y nuevos análisis han proporcionado resultados que permiten caracterizar el ecosistema vegetal de la base de Sima del Elefante (Rodríguez *et al.*, 2010). Estos datos sugieren que el nivel 9 presenta una mayor riqueza y variedad polínica que el resto de niveles de la secuencia. Además, se ha detectado la presencia continua a lo largo de la secuencia de *Pinus* y *Quercetum*. La combinación mesófila y termófila que implica la identificación de ambos tipos de *Quercus* sugiere la existencia de un contexto climático templado. La vegetación arbórea predominante de la Sierra durante la formación de los niveles TE9-TE14 estaría formada por pinos, robles, sabinas, enebros, encinas, acebuche, avellano y abedules (Figura 8.12). De las formaciones de matorral sólo se ha podido determinar a los brezos y efedras, aunque algunas de las especies de cupresáceas también podrían enmarcarse en este grupo. Entre las herbáceas destacan las gramíneas silvestres, asteráceas, artemisias y higrófitas ciperáceas, indicando la existencia de humedad (Figura 8.12).

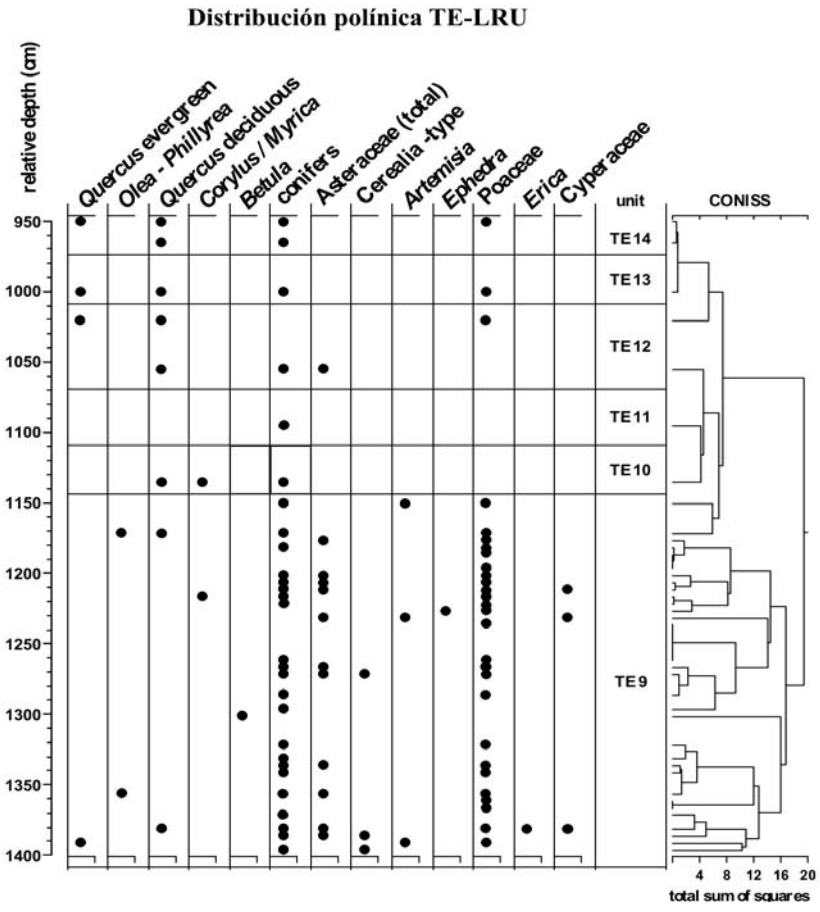

Figura 8.12. Diagrama de presencia/ausencia de los taxones vegetales identificados en los niveles inferiores de Sima del Elefante. Modificado de Rodríguez y colaboradores (2010).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Además de los taxones expuestos, en la secuencia inferior de la Sima del Elefante se debe destacar la abundancia de palinomorfos no polínicos, especialmente en el nivel 9 (Figura 8.13). Las algas y hongos son especialmente abundantes en la parte superior del nivel TE9 (F. Burjachs e I. Expósito com. pers.).

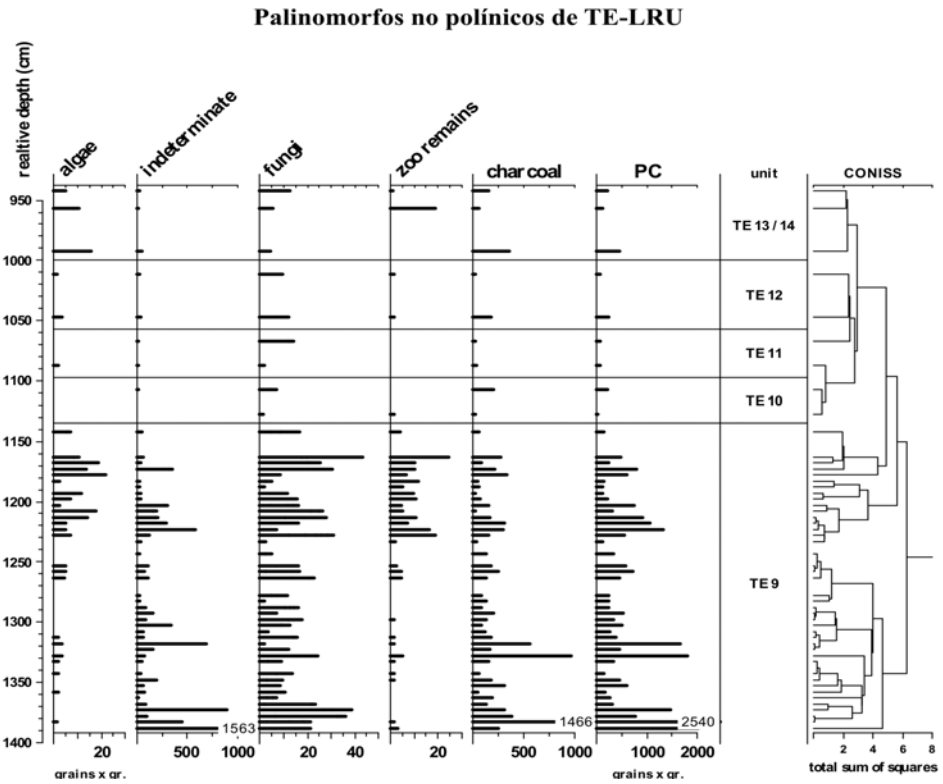

Figura 8.13. Diagrama que muestra la representación de Palinomorfos no polínicos, microcarbones y concentración palinológica (PC) en los niveles inferiores de Sima del Elefante. (F. Burjachs e I. Expósito, com. pers.).

Todos estos taxones aquí descritos parecen indicar un clima más templado que el actual, con pluviometría típica de media montaña. Es decir, un clima mediterráneo continental, con temperaturas medias superiores a las actuales (F. Burjachs e I. Expósito, com. pers.).

8.4. TE-URU

En términos generales, los restos faunísticos son abundantes en la secuencia estratigráfica de Sima del Elefante. Sin embargo existen diferencias entre el número de restos y especies presentes en TE-LRU y TE-URU. Así, en TE-URU, y

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

contrariamente a lo que sucede en la Fase I, los restos de macromamíferos son más abundantes que los restos de microvertebrados.

8.4.1. Micromamíferos: indicios biocronológicos y paleoecológicos

Las intervenciones arqueológicas y muestreos en la Fase II o TE-URU han sido puntuales entre los años 2002 y 2004, por lo que los datos ofrecidos en este apartado tienen un carácter provisional a la espera de nuevas intervenciones.

Hasta el momento, la asociación de microvertebrados identificados en la Fase II forma parte de la FU 6, junto con la asociación de Trinchera Galería. La unidad faunística 6 está formada por los registros del inicio del Pleistoceno Medio (Cuenca-Bescós y García, 2007; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010).

En general, el volumen de restos de microvertebrados obtenidos es mucho menor que en la Fase I. Sin embargo, los micromamíferos son los más abundantes entre los pequeños vertebrados. Entre los roedores, el Orden mejor representado, puede apreciarse la presencia de *Eliomys quercinus*, *Apodemus* sp., *Microtus* sp., *Iberomys brecciensis*, *Microtus arvalis*, *Arvicola* aff. *sapidus*, *Clethtionomys* sp., *Microtus agrestis*. Estos taxones son característicos del Pleistoceno Medio, y forman parte de la FU 6 junto con las asociaciones de micromamíferos del nivel 10 de Trinchera Dolina (TD10), la secuencia de Trinchera Zarpazos y de Sima de los Huesos (Cuenca-Bescós y García, 2007; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010).

El resto de micromamíferos son más escasos. Únicamente se han identificado dos taxones del orden Eulipotyphla (*Erinaceus* cf. *europaeus, Sorex* sp., ambos muy generalistas), dos del orden Quiroptera (*Rhinolophus* sp., *Miniopterus schreibersii*) y uno del orden Lagomorpha (*Oryctolagus* sp.) (Cuenca-Béscos y García, 2007; de Marfà, 2009; Rofes, 2009; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010).

8.4.2. Macromamíferos: indicios biocronológicos y paleoecológicos

Todos los restos de macromamíferos recuperados de la Fase II o TE-URU provienen de los 6 subniveles del nivel TE19 (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006).

Entre los pocos carnívoros representados encontramos a *Vulpes vulpes*, *Crocuta crocuta* y *Ursus* cf. *deningeri* (Cuenca-Bescós y García, 2007) Los dos primeros taxones pueden pertenecer tanto al Pleistoceno Medio como al Superior. En

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

cambio la asignación de los restos de úrsidos a *Ursus* cf. *deningeri* indica una cronología dentro del Pleistoceno Medio.

Los restos de *Cervus elaphus* pertenecen a una subespecie de talla pequeña que podría corresponderse con *C. elaphus priscus*, representada por primera vez en Mauer (con una cronología aproximada de 500 ka., dentro del MIS 13) y por última en el yacimiento de Grotte de Cèdres (250 ka., en el MIS 8) (van der Made, 2001; Rosas *et al.*, 2004).

Los individuos hallados de Megacerini indeterminado podrían pertenecer a una forma más pequeña de *Megaloceros giganteus* o *M. soleilhacus* ubicado aproximadamente en el MIS 10-11. El resto de especies identificadas en este subnivel (*Stephanorhinus hemitoechus*, *Dama dama* aff. *clactoniana* y *Equus* –caballoid-) parecen indicar una correlación con el MIS 8-9 pero actualmente no ha sido posible determinar una cronología más precisa (Rosas *et al.*, 2004).

Las condiciones ambientales de TE19 podrían ser más secas y frías que las de la unidad TE-LRU, posiblemente relacionadas con un aumento de los espacios abiertos.

8.4.3. Arqueobotánica: antracología

El registro antracológico recuperado hasta el momento de los niveles superiores de Sima del Elefante está actualmente en fase de estudio (E. Allué, com. pers.). El conjunto está formado por 25 restos del nivel TE19g, donde destaca *Pinus silvestris*/*nigra* como taxón más abundante. La presencia de éste sugiere condiciones climáticas frías y un ambiente árido (Rosas *et al.*, 2004; Huguet, 2007).

8.5. Resumen paleoecológico de Sima del Elefante

Se ha realizado un cuadro donde se pretende sintetizar la información paleoecológica ofrecida por los taxones faunísticos y vegetales de las dos Fases en estudio de Sima del Elefante (Tabla 8.3).

En líneas generales, la temperatura observada en el paquete inferior de Sima del Elefante muestran unas condiciones templadas que quedan reforzadas por la presencia de taxones de condiciones eminentemente templados como quelonios, hipopótamos, *Olea* y *Quercus*. Además, la presencia de especies, tanto de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

microvertebrados (castores, desmanes, topillos, quelonios, sapos, salamandras) como de macrovertebrados (mustélidos o hipopótamos) y aves (patos, pigargos) relacionadas con biotopos de aguas interiores muestran la presencia de grandes y permanentes masas de agua. Según los datos proporcionados por la fauna y la arqueobotánica, el paisaje de TE-LRU, o Fase I, se correspondería con un paisaje abierto o semiabierto con la presencia de bosques cercanos de pinos, robles, encinas y abedules. Estas condiciones paleoecológicas y ambientales son parecidas a las halladas en otros yacimientos de cronologías similares como Quibas (Murcia) y Fuente Nueva-3 y Barranco León (Granada) (Martínez-Navarro *et al.*, 1997; Montoya *et al.*, 1999; 2001; Jiménez Moreno, 2003).

Resumen paleoecológico de Sima del Elefante						
		Registro	TE-LRU (TE9-TE14)		TE-URU (TE15-TE19)	
			Paisaje	Clima	Paisaje	Clima
Fauna	Microfauna	Roedores	Ecosistema de laguna o fluvial	Templado-Frío	-	-
		Insectívoros	Ecosistema de laguna o fluvial	Sucesión de cálido-frío-cálido	-	-
		Herpetofauna	Praderas húmedas con bosques y zonas abiertas cercanas.	Cálido pero con inviernos fríos y veranos lluviosos.	-	-
	Macrofauna		Praderas semiabiertas con masas de agua	Templado	Espacios abiertos y secos	Frío
	Avifauna		Ecosistema de laguna o fluvial	¿?	-	-
Arqueo-botánica	Polen		abierto o semiabierto con bosques cercanos	Templado	-	-
	Carbones			Templado/Húmedo	Estepario?	Frío

Tabla 8.3. Cuadro resumen de las condiciones paleoecológicas evidenciadas por cada registro estudiado de TE-LRU y la TE-URU de Sima del Elefante (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006; Cuenca-Bescós y Rofes, 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2004; Rofes y Cuenca-Bescós, 2006; 2010; Cuenca-Bescós y García, 2007; Rofes, 2009; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010; F. Burjachs e I. Expósito, com. pers.; H. A. Blain, com. pers.).

En la Fase II o TE-URU, donde se ha estudiado principalmente el nivel TE19, parece corresponderse con unas condiciones ambientales más secas y áridas, con

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

espacios abiertos y un clima más frío. A pesar de ello, este paquete sedimentario está aún en proceso de excavación y, por lo tanto, en espera de futuras investigaciones.

8.6. Marco cronológico

Los primeros datos publicados sobre la cronología de Sima del Elefante, basados en los análisis biostratigráficos y paleomagnéticos, afirmaban que la Fase I correspondía al Pleistoceno Inferior, la Fase II al Pleistoceno Medio y la Fase III al Pleistoceno Superior (Rosas *et al.*, 2001). Como se ha descrito en puntos anteriores, una aproximación cronológica puede estar situada entre 1,4 y 0,9 Ma. para las unidades inferiores (TE-LRU) y el Pleistoceno Medio inicial para las unidades superiores (TE-URU).

Los estudios geomorfológicos realizados hasta el momento señalan que las cavidades del carst de la Sierra de Atapuerca se rellenaron de sedimentos alóctonos durante el intervalo comprendido entre la degradación de la terraza T3 y la formación de la terraza T4 del Arlanzón (Benito y Pérez-González, 2002). A partir de las correlación geomorfológicas realizadas entre las terrazas del Arlanzón y del Arlanza y los depósitos de los valles de la Sierra de Atapuerca, se deduce que la posición donde actualmente encontramos las entradas de las cavidades estaban cubiertas durante la formación de la T3 del Arlanzón (correlacionada con T5 del Arlanza), y por lo tanto no eran funcionales (Benito y Pérez-González, 2002; Benito, 2004). El análisis paleomagnético de los sedimentos de la terraza T4 del Arlanzón posee polaridad inversa, mientras que las terrazas T3 y T5 del Arlanzón presenta polaridad normal, situando T3 en el subcron Jaramillo y T4 en el límite Matuyama-Brunhes. Además la terraza T3 de Arlanzón está datada por correlación regional en aproximadamente 0,9 Ma. (Benito y Pérez-González, 2002; Benito, 2004). Estos datos estiman que el inicio del relleno de las cavidades de Trinchera, incluida Sima del Elefante, se situaría alrededor de 1 Ma.

Se han realizado análisis paleomagnéticos en los niveles TE8, TE12, TE17 y TE19 (Parés *et al.*, 2006). Se ha localizado el cambio de polaridad inversa a polaridad normal entre los niveles estratigráficos TE16 y TE17. Los sedimentos entre TE8 y TE16 poseen polaridad inversa, adscrita al cron Matuyama, en el Pleistoceno Inferior (posiblemente entre 1,77 y 1,07 Ma.). Los sedimentos del nivel TE17 presenta polaridad normal que podrían corresponder bien con el subcron Jaramillo (1,07-0,99 Ma.), bien con el subcron Cobb Mountain (1,2 Ma.) (Parés *et al.*, 2006; Carbonell *et al.*, 2008).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Se han efectuado análisis de la desintegración radioactiva de los isótopos ^{10}Be y ^{26}Al en cuarzos recogidos en el sedimento de las unidades TE9b y TE7. Esta técnica se basa en el aislamiento por enterramiento de los rayos cósmicos y la desintegración de estos dos radionucleidos en el tiempo. Los resultados ofrecen una cronología de 1,22±0,16 para TE9b y de 1,13±0,18 Ma. para el nivel TE7, es decir, prácticamente indistinguible (Carbonell *et al.*, 2008).

En Sima del Elefante se han aplicado otros métodos de datación, basados en la medida de la radiación sobre la red cristalina de los minerales mediante ESR (Electron-Spin Resonance). Este estudio, realizado sobre el esmalte de dientes, está en proceso por el Dr. Falguères (Rosas *et al.*, 2006).

Una cronología factible para el paquete inferior de Sima del Elefante correspondería entre 1,3 y 1 Ma. y específicamente para el nivel TE9, el más estudiado hasta el momento, es 1,2-1,1 Ma. (Carbonell *et al.*, 2008).

8.7. Marco cultural

La presencia de homínidos se ha documentado en varios niveles de Sima del Elefante, bien sea por la presencia de los propios restos de *Homo antecessor* en TE9, bien por la presencia de los restos culturales, como la industria lítica y los restos de fauna antropizados.

El conjunto lítico de Sima del Elefante está formado, a día de hoy, por 32 artefactos, 23 de los cuales son indeterminados y están actualmente en fase de estudio. Las 9 piezas de industria restantes se corresponden con 5 lascas y 4 restos de talla. La materia prima utilizada como soporte es el sílex neógeno y el sílex cretácico, ambas disponibles en un radio de 2 km. de la Sierra de Atapuerca (Carbonell *et al.*, 2008). En la Fase I se ha documentado la existencia de industria lítica en los niveles TE9, TE11, TE12, TE13 y TE14, correspondientes al complejo técnico Modo 1 u Olduvayense (Rosas *et al.*, 2006) (Figura 8.10). En cambio, la industria recuperada en el nivel TE19 podría corresponderse al Musteriense o Modo 3 (Rosas *et al.*, 2001).

Recientemente se ha llevado a cabo un trabajo tafonómico y zooarqueológico en el conjunto faunístico de TE-LRU con el objetivo de reconocer el papel de los homínidos en la Sierra de Atapuerca (Huguet, 2007). En este trabajo se han identificado restos con fracturas y marcas de corte relacionadas con la actividad antrópica en TE9, TE12 y TE13. Destacan las marcas de corte en un radio de ave de TE9a y en un resto de lepórido de TE12a. Todo ello muestra que los homínidos han

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5414-4/DL:T-1401-2014

intervenido sobre elementos de animales de edades y taxones diferentes como aves, lepóridos, cérvidos y bóvidos. El escaso número de elementos con marcas de la actividad de los paleopobladores no permite afirmar que estos tuviesen un patrón sistemático del procesamiento de las presas, aunque la diversidad observada en los animales consumidos puede estar relacionada con una estrategia de subsistencia basada en el aprovechamiento de los recursos y en la diversificación de la alimentación (Huguet, 2007).

La presencia de una marca de corte en un fragmento de húmero de *Homo antecessor* indica la práctica del canibalismo entre los grupos humanos de la Sierra de Atapuerca en una cronología cercana a 1,2 Ma., siendo, actualmente, el registro de canibalismo más antiguo de Europa.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 9

Tafonomía de micromamíferos de Sima del Elefante

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El estudio tafonómico de los micromamíferos del paquete inferior de Trinchera Elefante comprende 56 muestras procedentes de 41 cuadros y tallas diferentes. El número de restos de cada una de las muestras incluidas en esta Tesis Doctoral es muy variable. En términos generales, el número de restos de micromamíferos es mayor en el nivel TE9 y mucho menor en los niveles superiores. En total, el estudio incluye el análisis de 9267 restos fósiles de los niveles 9, 10, 11, 12 y 14 de Sima del Elefante (TE-LRU) (Figura 9.1 y Tabla 9.1). El nivel TE13 no posee, a día de hoy, registro de microvertebrados.

Actualmente, el nivel excavado con mayor intensidad en la sección estratigráfica de Sima del Elefante es el nivel TE9, siendo éste el que proporciona mayor número de restos de microvertebrados. Mientras ha sido posible, especialmente en el nivel 9, se han elegido muestras del cuadro K31 (Figura 9.2), permitiendo conocer la evolución diacrónica de esta unidad. Cuando, por el contrario, no ha sido posible obtener todas las muestras de un mismo nivel de este cuadro, se ha elegido una muestra situada en las inmediaciones del mismo. En algunos casos (TE11 y TE14), la

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

escasez de los restos proporcionados por cada muestra ha forzado la utilización de todas las muestras disponibles para realizar el estudio tafonómico del nivel.

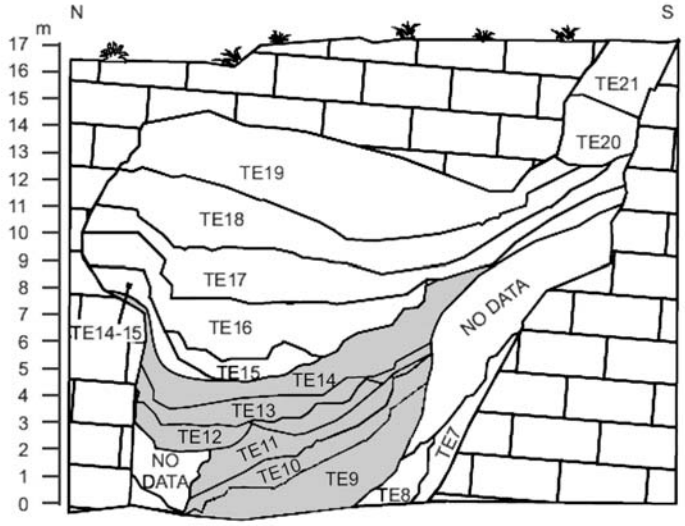

Figura 9.1. Sección de Sima del Elefante. En gris, se señalan los niveles incluidos en el presente estudio. Modificada de Rodríguez y colaboradores (2010).

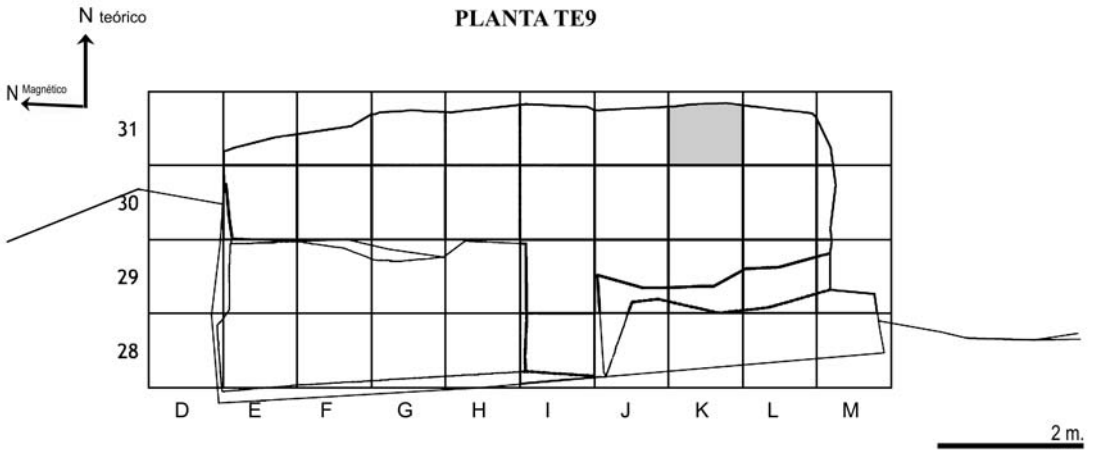

Figura 9.2. Planta de la excavación actual del nivel TE9. En gris, se señala la cuadrícula donde se han extraído gran parte de las muestras de este nivel. Cartografía de R. Pérez-Martínez. Figura modificada de Huguet (2007).

Como puede observarse en la siguiente tabla, algunas muestras de niveles diferentes presentan cotas de profundidad similares, mientras que puede existir

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

disparidad en las profundidades de las muestras de un mismo nivel (Tabla 9.1). Ello se debe al ángulo de inclinación hacia el Norte que poseen los sedimentos, que llega a alcanzar los 38º en TE9 (Parés *et al.*, 2006) (Figura 9.1). De este modo, mientras en la zona Norte de un nivel se alcanzan cotas elevadas, en la zona Sur, las cotas son menores.

Procedencia de las muestras de Sima del Elefante

Nivel	Z	Cuadro	Nº restos
TE14	700-710	D29	6
	700-710	D/E28	5
	1050-1060	F31	2
TE12	1110-1120	E31	118
	1120-1130	E31	92
	1160-1170	E31	38
	1210-1220	E31	2
	1220-1230	E31	260
	1230-1240	E31	54
	1240-1250	E31	44
	1250-1260	E31	14
	1260-1270	E31	124
	1270-1280	E31	219
	1280-1290	E31	28
	1310-1320	E31	3
TE11	1240-1250	F31	10
	1250-1260	G31	21
	1260-1270	F31	35
		G30	2
		G31	4
	1270-1280	F31	69
	1280-1290	F30	2
	1290-1300	E30	207
		E31	25
	1300-1310	D30	30
	1310-1320	E31	25
		E-F31	18
TE10b	-	F22	444

Procedencia de las muestras de Sima del Elefante

Nivel	Z	Cuadro	Nº restos
TE10	1230-1240	H31	237
	1270-1280	H31	27
	1310-1320	G31	3
		F31	3
		D30	3
	1315-1325	G31	3
	1320-1330	F30	12
	1325-1335	G31	8
		E30	3
	1330-1340	E30	1
		F10	6
		F30	5
		F31	25
		G30	6
		G31	46
	1340-1350	F31	4
		G31	97
		H31	58
	1360-1370	H31	33
TE9a	1230-1240	K31	437
	1280-1290	K31	342
	1290-1300	K31	1517
TE9b	1300-1310	K31	982
	1320-1330	K31	1695
	1330-1340	K31	600
TE9c	1330-1340	K30	504
	1400-1410	K31	287
	1420-1430	H31	422
Total			9267

Tabla 9.1. Resumen de las muestras de la Fase I de Sima del Elefante y el número de restos totales en cada una ellas.

El número medio de restos fósiles en cada una de las muestras es muy variable. Así, mientras en el nivel TE9 cada muestra está formada por entre 300 y 1500 fósiles,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

en el resto de niveles, las muestras no alcanzan a registrar 250 restos (a excepción de TE10b, con 440 elementos fósiles).

Como hemos anunciado anteriormente, de cada una de las muestras se han contabilizado todos los restos pertenecientes a microvertebrados y se analizan los elementos de roedores, insectívoros y quirópteros. En el presente estudio no se han incluido los restos pertenecientes al orden Lagomorpha en respuesta a la estructura y características del yacimiento. El gran número de restos, mayormente enteros, y de individuos, en ocasiones en conexión anatómica, ha favorecido que estos fósiles sean tratados como un grupo aparte tanto en la excavación como en su posterior estudio, siendo sujetos de dos tesis doctorales anteriores y diversas investigación recientes (Huguet, 2007; de Marfà, 2009). A pesar de ello, si durante la contabilización se han observado algunas alteraciones por digestión han sido contempladas y explicadas al final de cada uno de los niveles.

Las identificaciones taxonómicas realizadas en este trabajo son aproximadas. En el estudio tafonómico se tiene en cuenta el orden al que pertenecen los restos y, siempre que ha sido posible, la familia y la especie de los individuos mamíferos. Se debe reparar que el número mínimo de individuos (NMI) de anfibios y reptiles identificado para cada uno de los niveles de Sima del Elefante ha sido calculado por el Dr. Hugues A. Blain teniendo en cuenta la especie a la que pertenece cada uno de los elementos diagnósticos de taxón. Sin embargo el NMI de aves es aproximado, puesto que se ha calculado sin tener en cuenta las diferentes especies a las que pertenecen los restos diagnósticos (generalmente, el coracoides).

Cada una de las muestras se ha analizado individualmente, valorando la uniformidad taxonómica y tafonómica entre ellas antes de realizar la presentación de los resultados de cada nivel de forma conjunta. En TE9, el estudio y la descripción de los datos resultantes, se realiza teniendo en cuenta los tres subniveles que actualmente forman el nivel (a, b y c) puesto que la potencia del paquete estratigráfico y el elevado número de restos recuperados lo permite. Por el contrario, y a pesar de que el nivel 12 esté formado por tres subniveles diferentes, el escaso volumen de restos presentes en cada uno de ellos no posibilita el estudio de cada subunidad de forma diferencial.

Del nivel TE14 se han recogido y estudiado 3 muestras diferentes. Estas muestras son: TE14 D29 z:700-710, TE14 D/E28 z:700-710 y TE14 F31 z:1050-1060, correspondiendo las dos primeras a la sección Norte, y la tercera a la parte medial de yacimiento. La escasa representación de restos de micromamíferos, así como de elementos para determinar los taxones e individuos presentes, no permite realizar el estudio tafonómico completo de los restos de estas tres muestras.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Actualmente, y con los materiales con los que se dispone, tan sólo es posible realizar una breve descripción de los restos y las alteraciones halladas en los fósiles de TE14. En las muestras de las cotas entre 700 y 710 se han recuperado 15 restos, entre los que se hallan 4 dientes de lepórido aislados (2 molares y 2 incisivos). Del grupo de los micromamíferos se ha recuperado 2 fragmentos de molar de arvicólido (un M_2 y un M^2) y un incisivo superior de roedor. Todos estos dientes se han hallado aislados, rotos y carentes de digestión. Entre los restos óseos, se han registrado una diáfisis de escápula de tálpido y 7 fragmentos de diáfisis indeterminadas, posiblemente pertenecientes a micromamíferos. En 6 de estos restos (40%) se ha hallado deposición aislada de óxidos de manganeso. En la muestra TE14 F31 z:1050-1060 se han registrado diversos fragmentos diafisales de lepórido. Entre los restos de menor tamaño se ha identificado un fragmento de diáfisis y de lo que posiblemente sea porción metafisis y diafisis de un húmero de roedor. Todos estos restos están completamente concrecionados, lo que no permite observar la presencia de digestión o ninguna otra alteración en la superficie de los huesos.

9.1. El nivel TE9

La unidad TE9 está formada por diversas secuencias de coladas detríticas de cantos subangulosos intercalados por bandas de arcillas, muy plásticas y sin clastos. Los sedimentos que forman este nivel poseen un ángulo de inclinación de 38º hacia el Norte (Parés *et al.*, 2006).

El nivel 9 está formado por tres horizontes que fueron diferenciados durante los trabajos de excavación del año 2002, basándose en criterios de aporte sedimentario. Estas tres etapas de relleno se han denominado, de suelo a techo, TE9c, TE9b y TE9a.

9.1.1. El subnivel TE9c

El subnivel TE9c forma la base del nivel TE9. Actualmente esta subunidad litológica está en fase de excavación. Las muestras incluidas en este trabajo provienen de diversos cuadros: H31, K31 y K30.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.1.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

La primera parte del análisis tafonómico, dirigida a conocer el origen del conjunto, se basa en la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles. No obstante, se debe recordar que la representación y del grado de fractura de la muestra en estudio no se deben únicamente a la acción de predadores. La digestión de los restos y, especialmente, los agentes diagenéticos tienen capacidad de romper los restos, llegando a desaparecer.

9.1.1.1.1. Representación

El número de restos fósiles totales estudiados de TE9c asciende a 1213, de entre los cuales el 91,5% (es decir, 1109 restos) ha sido identificado a nivel anatómico y/o taxonómico.

Se han identificado un total de 112 individuos, incluyendo anuros, paseriformes, salmónidos, escamosos y un total de 79 mamíferos (Figura 9.3).

La mayor parte de los individuos pertenecen a la clase Mammalia. En ella se hallan 66 individuos pertenecientes al orden Rodentia y 13 a Eulipotyphla (Figura 9.3).

Entre los roedores destaca la abundancia de *Allophaiomys lavocati*, seguido por el pequeño múrido *Castillomys rivas* (Figura 9.3). Por último, en este orden, cabe señalar la presencia de un individuo de gran tamaño perteneciente a la familia de los arvicólidos que está, desde el punto de vista taxonómico, en fase de estudio. Por el momento lo mencionamos como Arvicolidae nuevo género, nueva especie (n.g.n.e).

El segundo grupo más abundante en cuanto a número mínimo de individuos es el orden Eulipotyphla. Gran parte de los insectívoros de TE9c se adscriben a la especie *Talpa* cf. *europaea* (Figura 9.3). *Erinaceus* cf. *europaeus* está representado por un sólo resto, un M_2 izquierdo aislado.

Según el NMI resultante, el grupo más abundante y con mejor representación en TE9c son los pequeños mamíferos. A este grupo pertenecen 964 restos, el 91% de los cuales son anatómicamente identificables. Entre los restos de TE9c se han recuperado y contabilizado todos los elementos del esqueleto de los micromamíferos, inclusive costillas, cinturas (tanto pélvica como escapular), vértebras y autópodos (Tabla 9.2).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

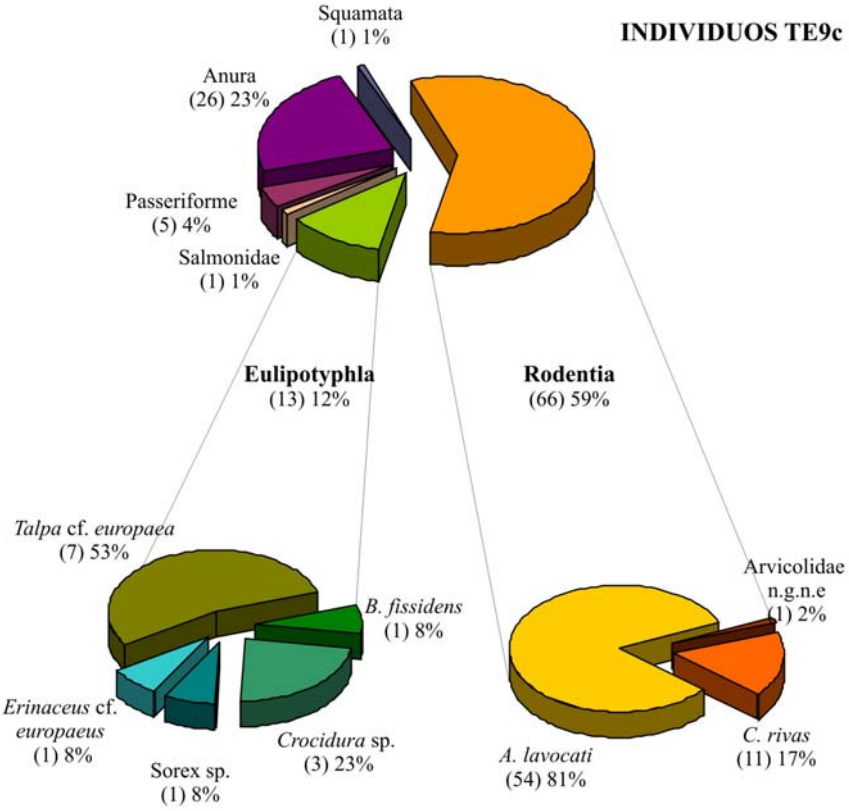

Figura 9.3. Distribución de los NMI de TE9c por taxones. n.g.n.e.: nuevo género nueva especie. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*		*%*
	Rodentia	Eulipotyphla	
Cráneo-Maxilar	85	3	9,1
Mandíbula	115	17	13,7
Molar	178	15	20
Incisivo	213	1	22,2
Arco cigomático	18	-	1,9
Húmero	32	12	4,6
Radio	3	2	0,5
Ulna	9	4	1,3
Fémur	40	7	4,9
Tibia	21	4	2,6
Cintura	9		0,9
Vértebra	66		6,8
Costilla	3		0,3
Autópodo	23		2,4
Indeterminado	84		8,7
Total	964		

Tabla 9.2. Número de elementos anatómicos (n) de roedores e insectívoros, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TE9c.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En el grupo de los roedores, y a pesar de la presencia de todos los elementos esqueléticos, el índice de abundancia relativa (IAR) indica que el promedio de representación es del 45% (Tabla 9.3). Existe una sobrerepresentación de maxilares y la excelente representación de mandíbulas e incisivos. En cambio, elementos como radios y ulnas están poco representados (Figura 9.4). Estas oscilaciones en la represtación de los diferentes elementos se observan también en la alta desviación estándar resultante (44,5) (Tabla 9.3).

Los restos de Eulipotyphla presentan un promedio de representación esquelética del 23,5% para el NMI estipulado en la muestra. La variabilidad en la representación de los elementos es del 20,6, menor que la que presentan los roedores (Tabla 9.3). Así, a pesar de que las mandíbulas están bien representadas y los dientes escasamente representados, los insectívoros presentan, en conjunto, una conservación más heterogénea que los roedores (Figura 9.4).

Tal y como puede intuirse a través de la abundancia relativa, los índices de relación entre elementos postcraneales y craneales nos muestran un predominio de los restos craneales, tanto si utilizamos todos los huesos de las extremidades frente a los maxilares, mandíbulas y los molares sueltos (Pc/C), como si usamos únicamente los húmeros y fémures frente los maxilares y mandíbulas (H+F/CMx+Md) (Tabla 9.4). En los restos postcraneales existe, según el índice distal/proximal, una destrucción preferencial de los elementos distales de los esqueletos (Tabla 9.4).

A pesar de que los restos craneales están mejor representados, según el índice Ms/Av, existen más alvéolos vacíos que molares en la muestra, denotando la pérdida de molares en TE9c (Tabla 9.4).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

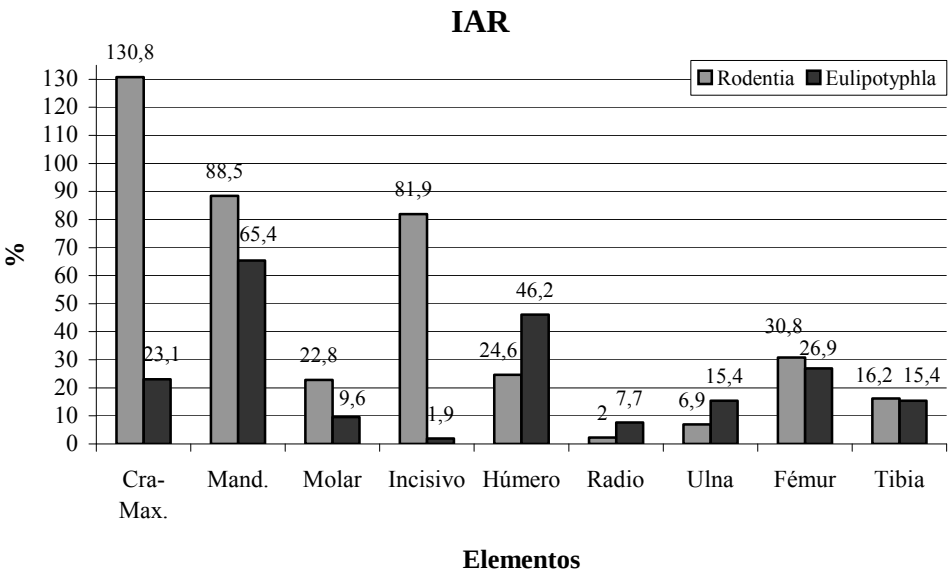

Figura 9.4. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE9c según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

	Media aritmética	Desviación estándar
Rodentia	45	44,5
Eulipotyphla	21,2	20,6
Total	41,4	38,1

Tabla 9.3. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla.

Índices de relación	
Pc/C	0,7
H+F/CMx+Md	0,4
R+T/H+F	0,3
Ms/Av	0,1

Tabla 9.4. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.1.1.2. Fractura

La representación de elementos completos en TE9c es del 10%. La porción de fractura que más destaca son las epífisis, proximales y distales, y las diáfisis (Figura 9.5).

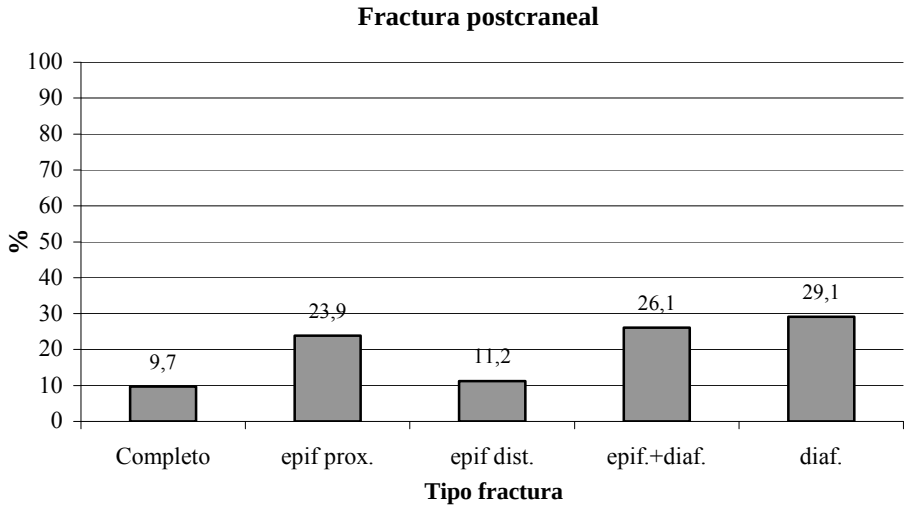

Figura 9.5. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE9c. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

En lo que respecta a la rotura en cráneos-maxilares, el grado más abundante es el tipo *g* o extremo. Los tipos de rotura restantes presentan porcentajes muy bajos (Figura 9.6).

Entre los cráneos-maxilares de TE9c, únicamente tres maxilares corresponden al orden Eulipotyphla, mostrando fracturación de tipo *d* en todos los casos.

Las fracturas más representativas en las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE9c son los tipos *b* y *c* (Figura 9.7).

Tal y como corresponde a estos tipos de rotura la mayoría de las mandíbulas de roedor y de insectívoro han perdido la rama mandibular (el 99% y 94,1% respectivamente). La conservación del borde inferior de las mandíbulas de Rodentia es baja, puesto que el 62% han perdido total o parcialmente esta zona. Por el contrario, la mayoría de las mandíbulas de roedor conservan el diastema intacto (el 94,8%). Estos datos conducen a clasificar la fracturación de las mandíbulas de TE9c de grado medio.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

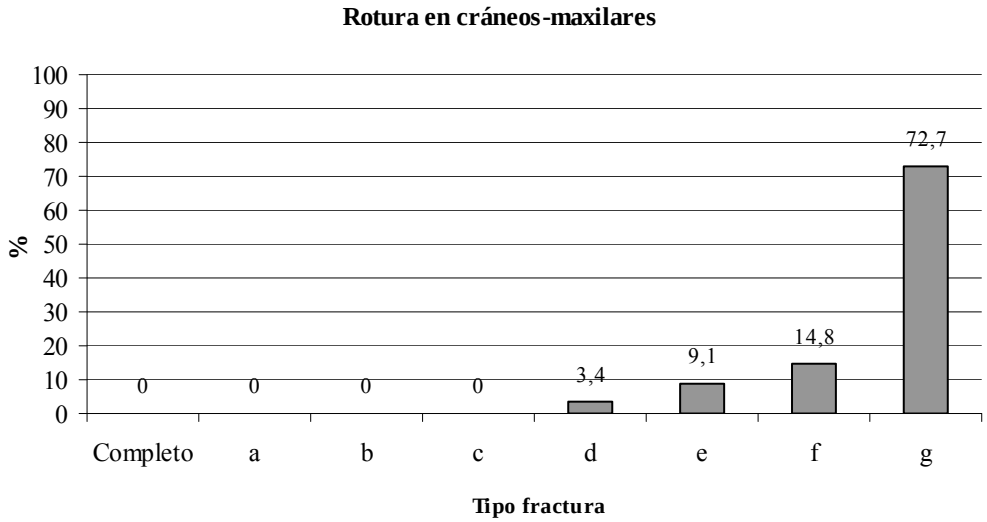

Figura 9.6. Representación gráfica de la tipología de fractura presentes en los cráneos-maxilares.

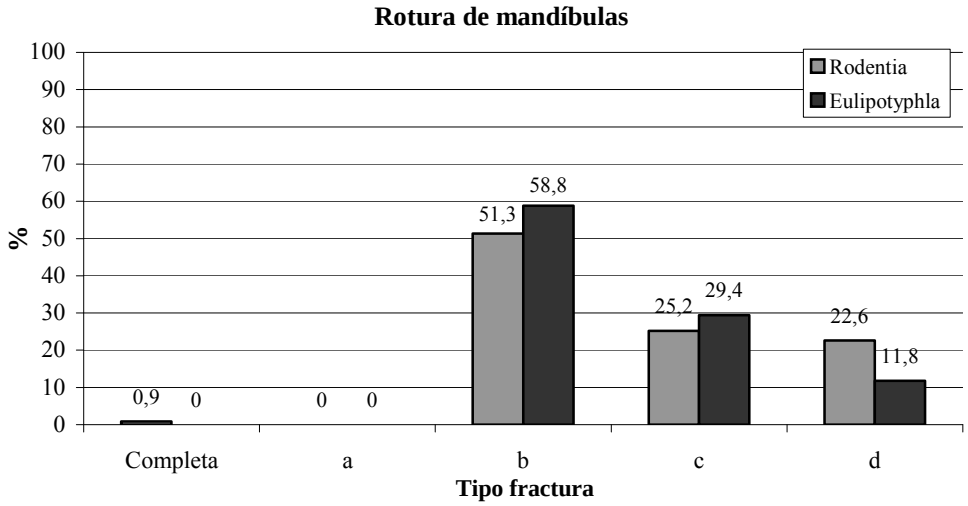

Figura 9.7. Representación de la tipología de fracturas presentes en las mandíbulas de roedores e insectívoros.

Indiferentemente de la familia que tratemos, el desprendimiento de molares e incisivos se produce con anterioridad en los maxilares que en las mandíbulas. Esto se debe a que los primeros son más porosos que las mandíbulas y, por lo tanto, están más sujetos a la rotura a causa de la digestión y las alteraciones postdeposicionales. El mayor número de alvéolos vacíos corresponden a molares de arvicólidos que, carentes de raíces, se desprenden con facilidad, mientras que los molares de múridos y

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

sorícidos resisten en sus alvéolos por más tiempo (Tabla 9.5). En cuanto a los incisivos, se observa que desaparecen con mayor facilidad de los maxilares que de las mandíbulas.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		Arvicolidae	Muridae	Talpidae	Soricidae	Total	Dientes totales
Cra-Max.	Molares	98,4	100	-	66,7	97,9	98,3
	Incisivos	99,4	100	-	100	99,4	
Man.	Molares	90,1	55,6	100	63,3	82,3	78,8
	Incisivos	63,7	66,7	100	90	68	

Tabla 9.5. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias de TE9c. Todos los valores de esta tabla son valores porcentuales.

El análisis del grado de fractura de los molares de Rodentia, tanto fuera de sus alvéolos como *in situ*, muestra valores del 1,2%. Por el contrario, y tal y como manifiesta el alto número de alvéolos vacíos, el porcentaje de aislamiento que presentan es del 61,1%. Por su parte, el 32,4% de los incisivos están rotos y el 81,7% de ellos aislados (Tabla 9.6).

En cuanto a los restos dentales de Eulipotyphla, los grados de fractura y aislamiento, tanto para los molares como para incisivos, son muy bajos. Es notorio que la gran mayoría o la totalidad de los molares e incisivos están enteros y en posición alveolar (Tabla 9.6).

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	Rodentia		Eulipotyphla	
			n	*%*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	0	0	0	0
		Enteros	69	38,8	14	93,3
	Aislados	Rotos	2	1,1	0	0
		Enteros	107	60,1	1	6,7
	Total		178		15	
Incisivos	*In situ*	Rotos	8	3,8	0	0
		Enteros	31	14,6	1	100
	Aislados	Rotos	61	28,6	0	0
		Enteros	113	53,1	0	0
	Total		213		1	

Tabla 9.6. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de roedores e insectívoros de TE9c. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.1.1.3. Digestión

En líneas generales, son pocos los restos de roedores e insectívoros con alteraciones por digestión en TE9c. Tan sólo 107 restos de 461 elementos estudiados presentan trazas de digestión (23%). En ningún caso las modificaciones por la acción de los jugos gástricos alcanzan grados medios ni altos (Tabla 9.7).

Gran parte de molares e incisivos carece de alguna traza o señal que indique digestión. Así, sólo el 9% del total de molares presentan el esmalte alterado. Estos restos digeridos pertenecen exclusivamente a roedores y se presentan en grados ligeros y moderados (Tabla 9.7, Figura 9.8).

Digestión

Grado	*Molares*				*Incisivos*		*Postcraneal*			
	Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Rodentia		Eulipotyphla	
	n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	161	90,4	15	100	127	72,6	33	50	18	66,7
Ligera	15	8,4	0	0	41	23,4	32	48,5	9	33,3
Moderada	2	1,1	0	0	6	3,4	1	1,5	0	0
Fuerte	0	0	0	0	1	0,6	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total*	178		15		175		66		27	

Tabla 9.7. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE9c. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total. * el 14% de los restos no ha sido estudiado dado el grado y tipo de fractura que presentan.

En cuanto a los incisivos, el 27% presenta indicios de digestión, mayoritariamente en grado ligero. Sin embargo, la digestión llega a alcanzar grados de alteración fuertes (Tabla 9.7, Figura 9.8).

La mayor parte de los incisivos con trazas de digestión está fuera de sus alvéolos (97,7%). La digestión no es homogénea a lo largo del esmalte, sino que tiende a concentrarse en la zona oclusal más extrema, incluso en grados moderados (89% de los incisivos digeridos).

Se pueden observar mayor número y porcentaje de restos alterados por digestión en los elementos postcraneales (Tabla 9.7). El grado de digestión más común en los huesos largos es el ligero, que afecta mayoritariamente a las epífisis y a los bordes anatómicos y de fractura (Figura 9.8).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Un pequeño porcentaje de elementos postcraneales digeridos (7%) presenta un ligero adelgazamiento de las paredes de la metáfisis o la diáfisis relacionado con la digestión del elemento. Ello indicaría que una parte de la fractura de los restos se produce antes o durante la digestión. Estos restos de TE9c con adelgazamiento de los bordes de fractura carecen de alguna otra alteración por digestión en la superficie diafisal, motivo por el que se considera que presentan digestión en grado ligero.

Entre los restos de insectívoros con digestión se hallan restos postcraneales de sorícidos de pequeño tamaño y de tálpidos (Tabla 9.7 y Figura 9.8). Así, es posible afirmar que parte de la presencia de los tálpidos en TE9c se debe a la predación.

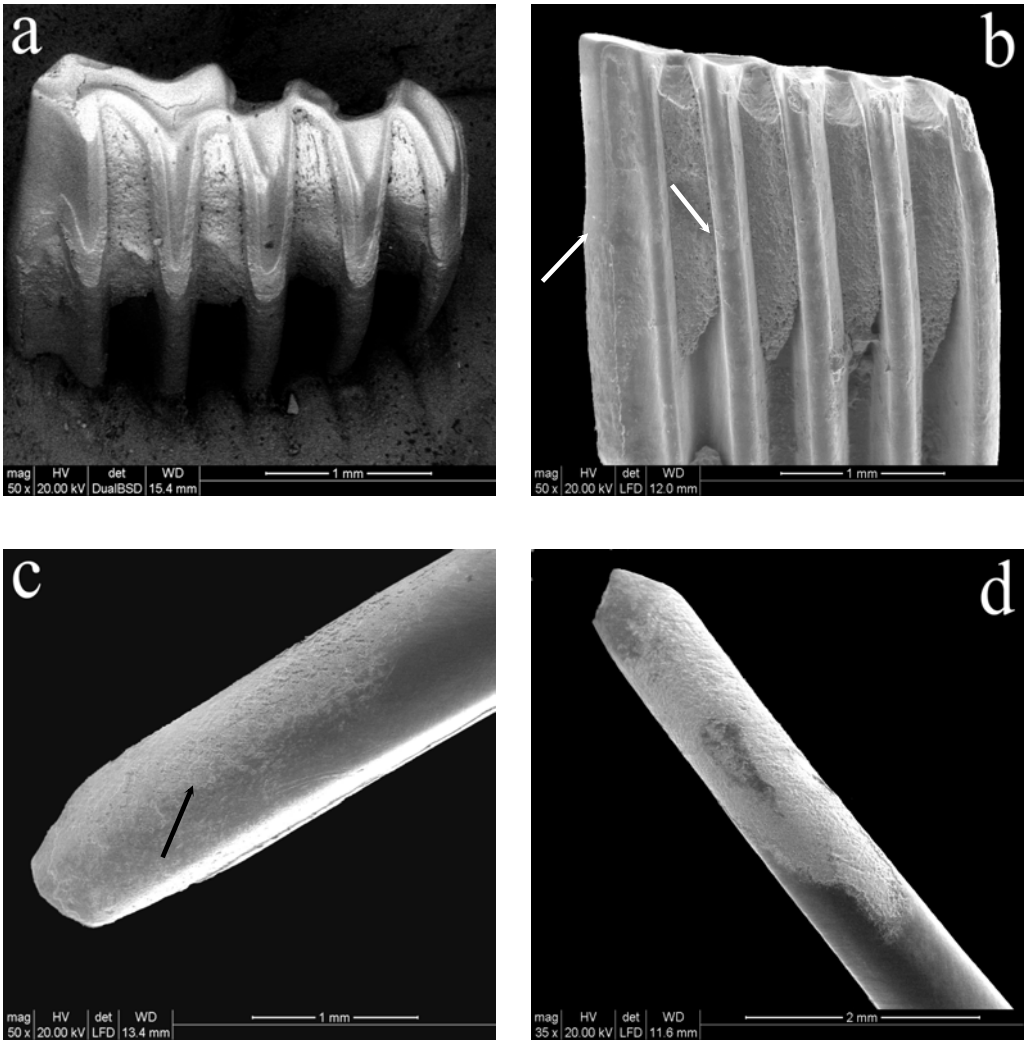

Figura 9.8. Digestión en elementos de TE9c. **a**. y **b**. Digestión moderada en primeros molares inferiores de *A. lavocati*. **c**. Alteración ligera en incisivo inferior aislado de roedor. **d**. Alteración dela superficie del esmalte en la porción extramandibular.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

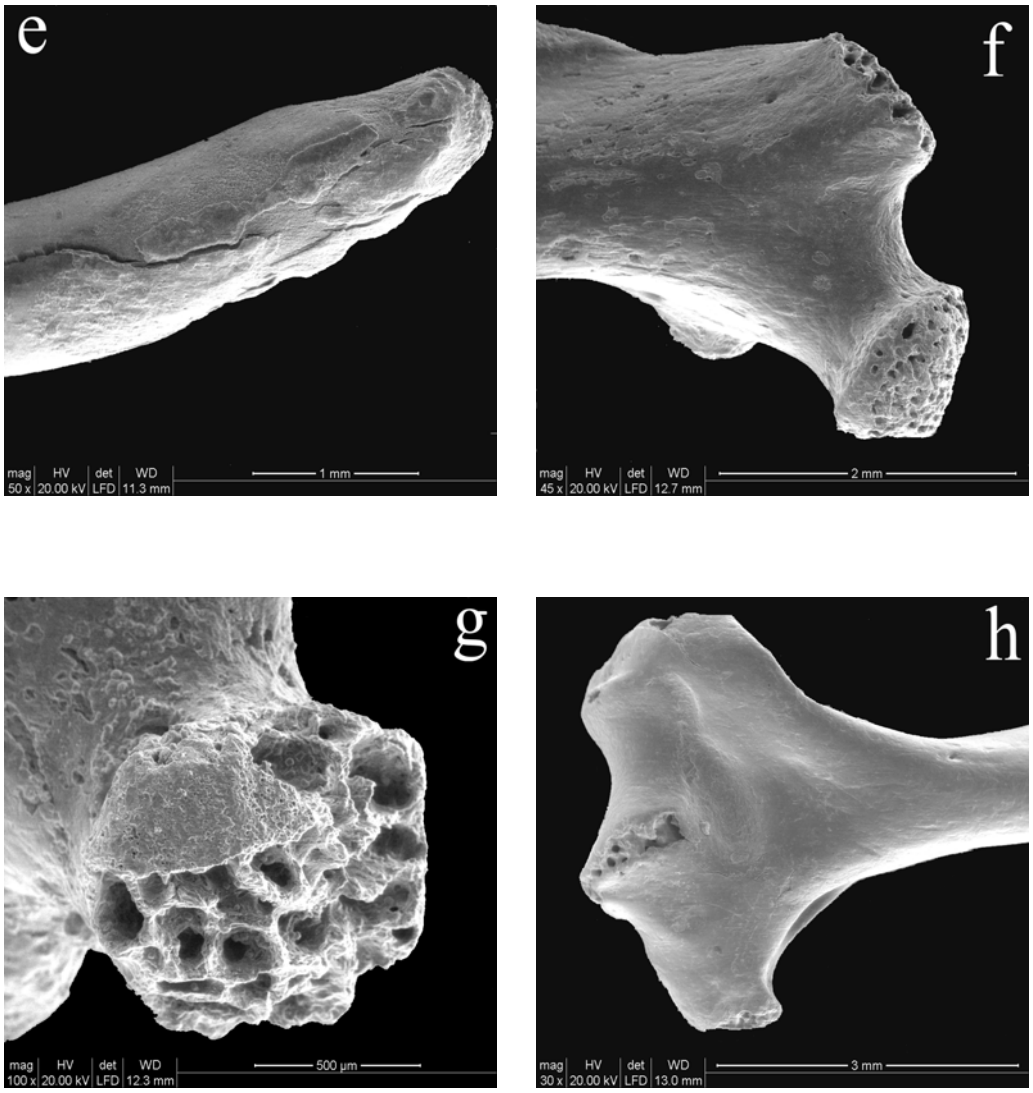

Figura 9.8. Digestión en elementos de TE9c. **e**. Digestión moderada en incisivo, especialmente acusada en la porción extramandibular **f**. Digestión en grado moderado en un fémur de roedor. **g**. Digestión ligera en húmero de roedor **h**. Digestión ligera en húmero de insectívoro. **i**. Detalle de la imagen anterior.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.1.1.4. Identificación del predador

El estudio de las alteraciones derivadas de la predación ha permitido caracterizar tafonómicamente al conjunto de micromamíferos. Los principales rasgos se resumen en la tabla 9.8.

Entre el elevado número de restos y de individuos que conforman el subnivel TE9c, destacan los pequeños mamíferos (Tabla 9.8). Predominan los arvicólidos en el grupo de los roedores y los tálpidos en el de insectívoros. Se debe tener en cuenta que el índice Ms/Av indica una importante pérdida de molares, por lo que posiblemente el NMI indicado para los micromamíferos sea menor al real. Recordemos que el NMI es una estimación indirecta calculada a partir del número de M_1 de cada taxón.

Resumen de las alteraciones por depredación de TE9c	
Nº Restos (n)	1213
Identificados (%)	91,5
NMI (n)	112
Roedores (%)	58,9
Insectívoros (%)	11,6
Media de IAR (%)	41,4
Desv. estándar de IAR	38,1
Pc/C	0,7
H+F/CMx+Md	0,4
R+T/H+F	0,3
Ms/Av	0,1
Fractura postcraneal (%)*	9,7
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	98,3
Fractura mandíbulas (%)*	0,75
Pérdida de la rama mandibular (%)	96,5
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	78,8
Fractura dientes (%)■	17,4
Digestión molares (%)+	8,8/Mod.
Digestión incisivo (%)+	27,4/Fue.
Digestión postcraneal (%)+	45,2/Mod.

Tabla 9.8. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE9c. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada.; Fue.: fuerte.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los 107 restos craneales y postcraneales con evidencias de digestión indican que el conjunto o gran parte del conjunto de micromamíferos de TE9c, es fruto de la agrupación por predación.

Además, la presencia de digestión en los insectívoros, tanto en sorícidos como en tálpidos, indica que parte de los individuos pertenecientes a este grupo fueron predados. De este modo se descarta la hipótesis de las intrusiones naturales para la totalidad de estos individuos.

Existen varios predadores que consumen erizos, como el búho real (*Bubo bubo*), el búho manchado (*Bubo africanus*), el búho de Verreaux (*Bubo lacteus*), el zorro común (*Vulpes vulpes*) y el tejón (*Meles meles*) (Lloyd, 1980; Mikkola, 1983; Andrews, 1990; Köning *et al.*, 1999; Manzanares, 2003). Sin embargo el M_2 de *Erinaceus* cf. *europaeus* no presenta ninguna alteración por digestión. Aunque es posible que la capa de esmalte del diente sea más resistente a la acción de los jugos gástricos, a día de hoy no se puede asegurar que el origen de este ejemplar se deba a la predación.

En cuanto a la digestión, el porcentaje de incisivos digeridos conduce a pensar en un predador de categoría de modificación D_I 2. En esta categoría se hallan el búho chico (*Asio otus*), el búho de Verreaux y el cárabo lapón (*Strix nebulosa*). Sin embargo, estos predadores, generalmente digieren los incisivos en grados ligeros, mientras que los grados observados en los restos de TE9c son fuertes, e incluso en un elemento, extremos. Dentro de la categoría de modificación D_I 3 se halla al búho manchado, el búho real, el cárabo común (*Strix aluco*) y el mochuelo europeo (*Athene noctua*). Estos cuatro predadores modifican alrededor del 50% de los incisivos en grados moderados, en el caso del búho manchado y el búho real, y en grados extremos en el caso del cárabo común y el mochuelo europeo.

La alteración por digestión en incisivos está situada, mayoritariamente, en la zona oclusal del diente, indicando que estaban en sus alvéolos en el momento de la digestión y que su aislamiento fue posterior.

El porcentaje y el grado de digestión que presentan los molares señalan la intervención de un predador de categoría D_M 3 de alteración. En esta categoría se hallan especies como búho real, cárabo común, otoción (*Otocyon megalotis*) y los vivérridos. Todos estos predadores presentan grados de alteración moderados, e incluso fuertes. Sin embargo, el porcentaje de molares digeridos por los vivérridos y los otociones, tiende a ser superior del 25%, por lo que estos pequeños carnívoros quedarán excluidos como predadores candidatos a realizar la acumulación de TE9c.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El porcentaje de elementos postcraneales alterados parece señalar que el predador se halla entre las especies que forman la categoría 2 de modificación D_P. En esta categoría se halla a búho manchado, búho real y al cárabo común.

Los restos fracturados de TE9c son abundantes y los grados de rotura que presentan son generalmente fuertes y extremos, alterando considerablemente la representación de los restos.

Según las conclusiones extraídas de la experimentación llevada a cabo en esta Tesis, la homogeneidad entre los grados de digestión de los diferentes elementos estudiados puede indicar la aportación de un sólo predador al conjunto. Así, según este parámetro, existen tres especies de predadores de micromamíferos que podrían ser las autoras de la agrupación estudiada: el búho manchado, el búho real y el cárabo común. Sin embargo, las diferencias en el tipo y grado de alteración que producen estas tres rapaces sobre la representación, fractura y digestión de los restos consumidos son escasas. Además, gran parte de las fracturas de la muestra tienen un origen postdeposicional, alterando, consecuentemente, la representación general del conjunto (apartado 9.1.1.2). Ello no permite observar si la uniformidad observada en los grados de digestión también se expresa en los grados de fractura y representación.

No obstante, ha sido posible relacionar algunas fracturas con la predación. Así, algunos huesos largos y mandíbulas presentan los bordes de fractura redondeados. Entre éstas últimas se observa esta alteración en las secciones de las ramas mandibulares. Además, el 20% de las mandíbulas de arvicólidos presentan unas perforaciones redondeadas en la base del M_1 y M_2 (Figura 9.9). Estas mandíbulas poseen unas paredes óseas muy finas que, durante este proceso de digestión, podrían debilitarse y fracturarse, favoreciendo el posterior desprendimiento de molares. Así, estas alteraciones relacionadas con el proceso de digestión podrían indicar que parte del grado de fractura que manifiestan las mandíbulas en TE9c (junto con la pérdida de ramas ascendentes y de dientes) se debe a la predación.

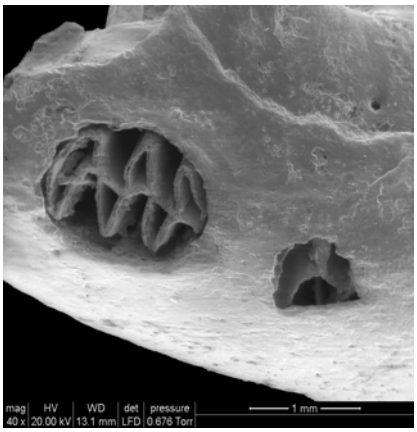

Figura 9.9. perforaciones redondeadas en la base de una mandíbula de arvicólido.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los grados de alteración en mandíbulas tienden a ser mayores en el búho real y el cárabo común que en el búho manchado, por lo que, posiblemente, se pueda excluir a esta última rapaz como predadora candidata.

Las alteraciones producidas por búho real y cárabo común son muy semejantes, siendo difícil distinguir los conjuntos de micromamíferos realizados por una u otra rapaz. Sin embargo existen unas pequeñas diferencias entre ambos. En primer lugar, el búho real infringe un grado general de fractura y digestión ligeramente menor al que realiza el cárabo común. En segundo lugar, el tamaño general de las presas consumidas es, frecuentemente, mayor en el búho real que en las concentraciones de cárabo común. Estas pequeñas diferencias no han podido ser apreciadas en los restos de TE9c. Así, los agentes de carácter postdeposicional modifican considerablemente el grado de fractura de los restos, dificultando la identificación de las roturas directamente relacionadas con la predación. Además, no ha sido posible apreciar diferencias significativas en el tamaño y el peso de los individuos hallados en las muestras de TE9c.

En conclusión, las alteraciones identificadas en el conjunto de micromamíferos de TE9c permiten identificar la presencia de una rapaz nocturna de categoría final de alteración 2, señalando al cárabo común (*Strix aluco*) y al búho real (*Bubo bubo*) entre las posibles candidatas. Probablemente, en la visión diacrónica de los predadores de TE-LRU, será posible concretar el predador.

9.1.1.2. Alteraciones postdeposicionales

En esta segunda parte del análisis tafonómico se describen las alteraciones de origen postdeposicional de los micromamíferos de TE9c, lo que permitirá identificar los agentes que intervienen en la formación del estrato. Ninguna de estas alteraciones presenta algún tipo de selección diferencial anatómica y taxonómica. De esta manera, las modificaciones afectan a todos los tejidos esqueléticos fosilizados, elementos y especies representadas en la muestra.

La alteración de postdeposicional que afecta en mayor medida a los restos de TE9c es la precipitación de óxidos de manganeso. El 42% de los restos estudiados presentan tinciones en forma de pequeñas deposiciones de color negro sobre la superficie (Figura 9.10). Esta alteración se distribuye en la superficie de los restos de TE9c de forma aislada y dispersa (Tabla 9.9), otorgando a la mayoría de los restos con manganeso, un aspecto moteado.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

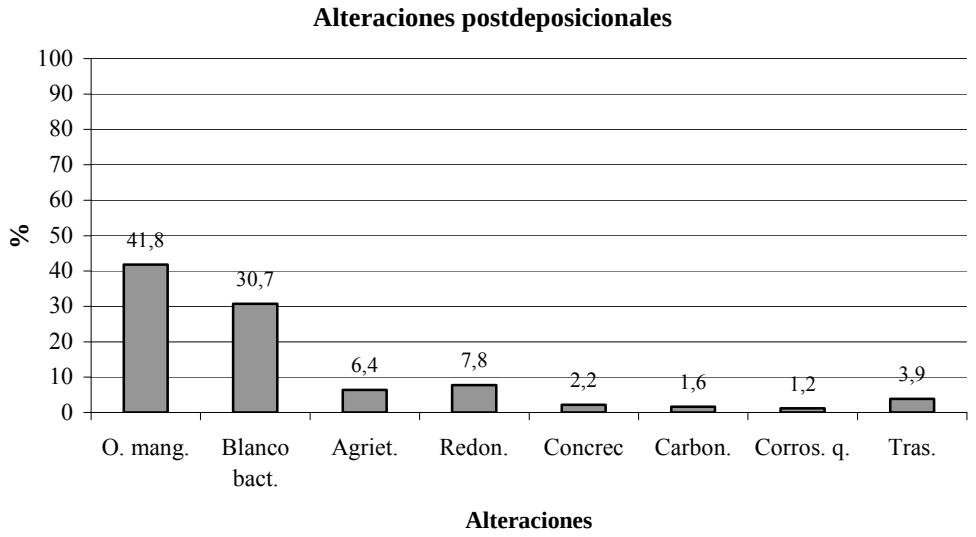

Figura 9.10. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9c. O. mang.: óxidos de manganeso; Blanco bact.: blanco por intervención de bacterias; Agriet.: agrietamientos; Concrec.: concreciones; Carbon.: Carbonato cálcico; Corros. q.: corrosión química; Tras.: traslúcido.

Óxido de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	56,7
Disperso	35,6
Concentrado	7,4
Generalizado	0,3

Tabla 9.9. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos. %: valor porcentual respecto al total de restos alterados por manganeso.

En segundo lugar hallamos la alteración blanca producida por intervención de bacterias. Esta alteración afecta al 31% de los restos estudiados (Figura 9.10). Gran parte de los restos afectados por bacterias presentan coloración aislada y dispersa en la superficie del resto (87%) y descamación en los bordes anatómicos o de fractura (74%). Sin embargo, se han detectado algunos casos de descamación concentrada y generalizada (Figura 9.11).

Se ha advertido que no existe superposición entre las alteraciones blancas por bacterias y los óxidos de manganeso. Es decir, ambas alteraciones pueden estar presentes en el mismo elemento, pero los óxidos de manganeso no precipitan sobre las porciones de dentina y hueso con alteración blanca por bacterias.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El redondeamiento de los bordes anatómicos o de fractura afecta al 8% de los restos. Esta alteración se presenta siempre en grado 1 y, a excepción de un sólo resto, no va acompañado de pulido (Figura 9.10 y 9.11). Evidentemente, no se tiene en cuenta en estos porcentajes el redondeamiento debido a la acción de los jugos gástricos sobre los restos.

El 6% de los restos presenta agrietamientos en su superficie (Figura 9.6). Éstos se disponen siempre de manera longitudinal al eje mayor del fragmento, siguiendo las líneas de colágeno del hueso. Los agrietamientos observados pueden variar en profundidad. La mayor parte de los hallados en TE9c son finos, estrechos y muy superficiales. En algunos restos de TE9c ha sido posible hallar manganeso en el interior de los agrietamientos más profundos.

La coloración de la muestra presenta tonos castaños con pequeños matices, por lo que se considera bastante homogénea. No obstante, se han identificado algunos restos (porcentaje menor al 5% del total) donde la superficie presenta puntos más o menos uniformes de coloración marrón en tonos oscuros o intensos. Parte de los elementos con esta coloración (concretamente en el 3,9% de ellos) está relacionada con bordes de fractura angulosos y aspecto traslúcido parcial o total de los restos (Figura 9.10).

Otras alteraciones observadas en TE9c son las concreciones, la precipitación de carbonatos y la corrosión química. Las concreciones afectan al 2% de los restos estudiados, mientras que la precipitación de carbonatos se encuentra sobre el 1,6% de los restos. La corrosión química afecta, tan sólo, al 1% de los restos estudiados (Figura 9.6).

El elevado grado de fractura de la muestra, sobre todo en los elementos de cortical más fina (como cráneos, maxilares, mandíbulas y elementos distales) y la pérdida de ramas mandibulares y de dientes podría estar relacionada con el pisoteo. La observación de un pequeño porcentaje de restos al ESEM ha identificado la presencia de unas pequeñas estrías superficiales aisladas no visibles con la lupa binocular (a 50x). Estas estrías, que están distribuidas aleatoriamente sobre los restos y presentan una sección en “U”, se han relacionado con el pisoteo o *trampling*. Esta alteración no ha podido ser calculada porcentualmente respecto a la totalidad de los restos de TE9c, pero su presencia debe ser tenida en cuenta.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

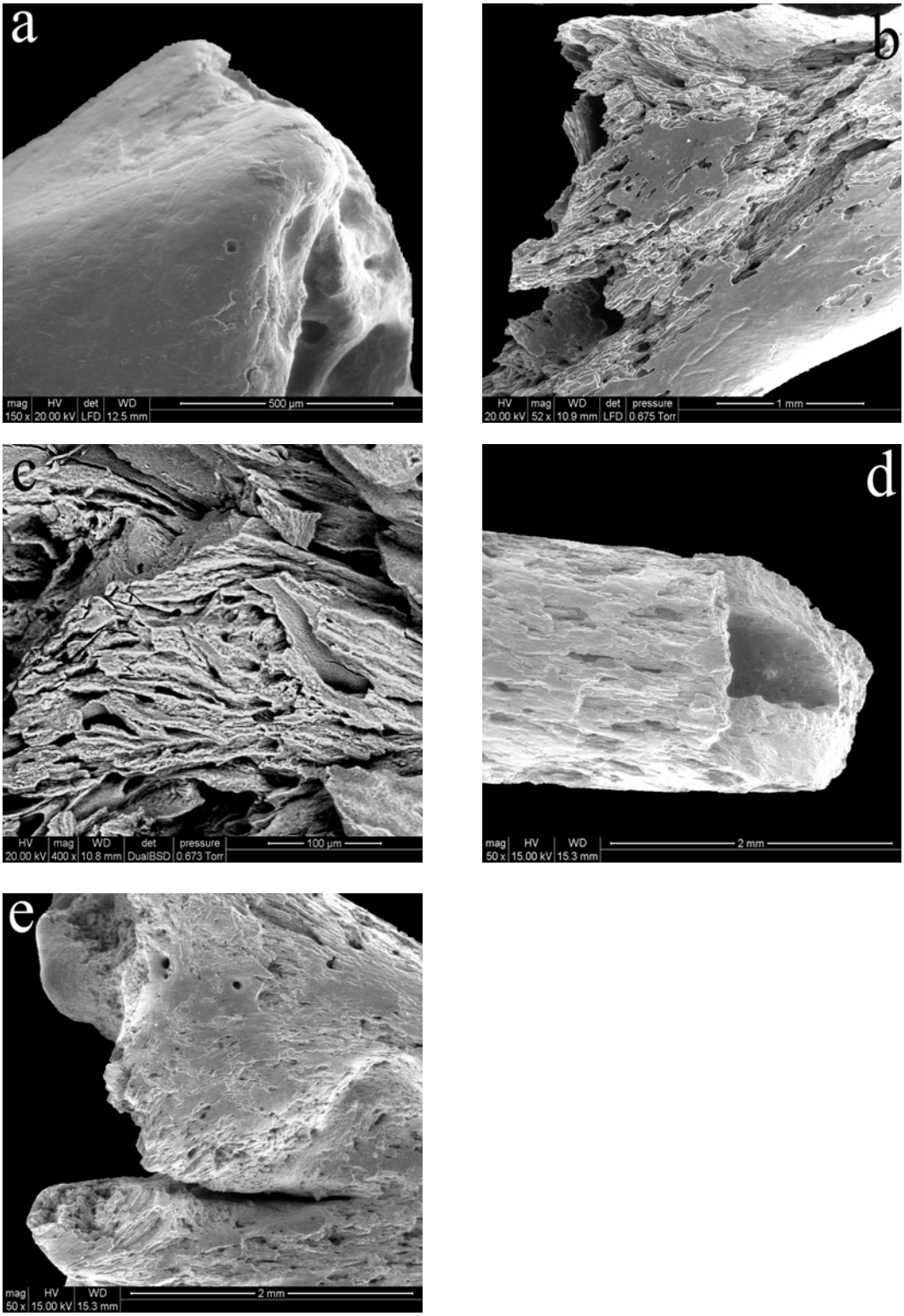

Figura 9.11. Imágenes de algunas de las alteraciones postdeposicionales. **a**. Redondeamiento en borde de fractura de una tibia **b**. Descamación concentrada relacionada con la coloración blanca en una rama mandibular. **c**. Detalle de la imagen anterior. Es posible observar surcos y perforaciones relacionadas con las colonias de bacterias. **d**. Diáfisis de fémur de roedor con pérdida de tejido cortical generalizado por la intervención de bacterias. **e**. Tibia con alteración de la coloración (blanca) y descamación de la cortical.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tal y como se ha afirmado anteriormente, las alteraciones postdeposcionales descritas permiten inferir algunos de los agentes que intervienen en la formación de los fósiles y el nivel TE9c. Así, la aparición de la alteración blanca indica que los restos estuvieron en contacto y fueron alterados por bacterias durante la formación de las egagrópilas. Posiblemente estas bacterias se albergaron en la egagrópila durante su permanencia en el nido, mientras estaban total o parcialmente cohesionadas.

La elevada fracturación podría estar relacionada con el pisoteo. Además, la conservación de los elementos de pequeño tamaño y de un elevado número de maxilares, pero reducidos a estadios mínimos de fractura, podría indicar que el pisoteo se produjo mientras los restos estaban albergados en las egagrópilas, posiblemente dentro del nido de la rapaz o una vez se depositan en el sustrato.

El redondeamiento observado puede estar relacionado con un proceso de transporte mecánico por agua. La abundancia de los óxidos de manganeso indica la existencia de un ambiente húmedo y anaeróbicos, posiblemente relacionados con la actividad bacteriana, o un ambiente donde se han alternado ciclos de oxidación y reducción. Los agrietamientos hallados en los restos indican cambios de temperatura y humedad en los restos una vez ya se han despojado del tejido biológico que los recubre. La deposición de los óxidos de manganeso en las fracturas y agrietamientos podrían indicar que las fracturas y los cambios de humedad y temperatura fueron anteriores a la aparición de manganesos.

Algunos fósiles poseen precipitaciones de calcita en el interior de la diáfisis, lo que indica un ambiente húmedo con goteo dentro de la cavidad, seguido de un proceso de desecación.

Finalmente, la presión ejercida por los sedimentos y los desplazamientos, deformaciones y rupturas sedimentarias favorecen la fracturación de los restos. Aunque no ha sido posible realizar evaluaciones precisas sobre el grado de influencia de estas alteraciones en los elementos de micromamíferos de TE9c, se estima que estos agentes provocan gran parte de las fractura registradas en este subnivel.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.2. El subnivel TE9b

El subnivel TE9b forma la parte central del nivel TE9. Todas las muestras analizadas en este estudio provienen de distintas profundidades de un mismo cuadro (K31).

9.1.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

En el análisis tafonómico que sigue a continuación se observa la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles.

9.1.2.1.1. Representación

Para realizar estudio tafonómico de TE9b se han utilizado tres muestras. El número total de restos fósiles asciende a 3277, de los que el 93,9% han sido identificados a nivel anatómico y taxonómico.

Taxonómicamente la muestra está comprendida por 445 individuos pertenecientes a diversos ordenes (Figura 9.12).

En el grupo de no-mamíferos destacan los anuros y los reptiles escamosos. Las pequeñas aves o paseriformes, los salmónidos y los tritones o urodelos están presentes en las muestras en porcentajes mucho menores (Figura 9.12).

La clase Mammalia (260 individuos totales) está representada por los ordenes Rodentia, con poca variabilidad de especies, y Eulipotyphla, que muestra una mayor variabilidad de especies. En el orden Rodentia destacan los arvicólidos, especialmente *Allophaiomys lavocati.*

En el conjunto de Eulipotyphla destacan *Talpa* cf. *europaea* y el grupo de las musarañas (*Beremendia fissidens*, *Crocidura* sp. y *Sorex* sp.). La especie *Erinaceus* cf. *europaeus* está presente en TE9b a través de una mandíbula izquierda con el P_1 y P_2 *in situ* de un sólo individuo (Figura 9.12).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

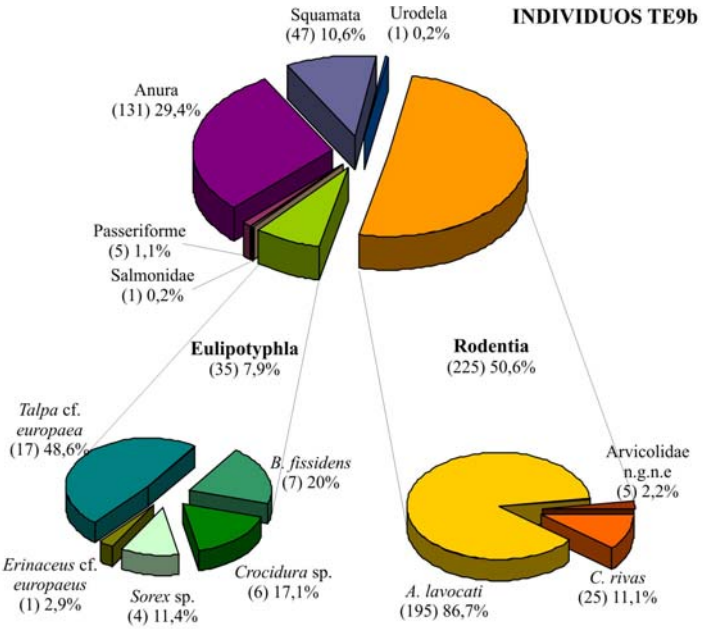

Figura 9.12. Distribución de los NMI de TE9b por taxones. n.g.n.e.: nuevo género nueva especie. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Entre los individuos que conforman la muestra ha sido posible detectar a un roedor juvenil (húmero no epifisado), y a dos individuos (un roedor y un insectívoro) con indicios de patologías en elementos postcraneales.

Se hallan 2241 restos correspondientes a 260 micromamíferos en TE9b. De este elevado número de restos, ha sido posible identificar anatómicamente el 92,6%. Además, cabe destacar que se han encontrado todas las partes esqueléticas de los micromamíferos representadas, inclusive un elevado número de vértebras, costillas, autópodos y cinturas (Tabla 9.10).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*		*%*
	Rodentia	Eulipotyphla	
Cráneo-Maxilar	214	7	9,9
Mandíbula	268	63	14,8
Molar	653	84	32,9
Incisivo	231	7	10,6
Arco cigomático	11	-	0,5
Húmero	12	41	2,4
Radio	2	12	0,6
Ulna	0	20	0,9
Fémur	24	27	2,3
Tibia	14	16	1,3
Cintura	32		1,4
Vértebra	255		11,4
Costilla	42		1,9
Autópodo	39		1,7
Indeterminado	167		7,5
Total	2241		

Tabla 9.10. Número de elementos anatómicos (n) de roedores e insectívoros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TE9b.

En líneas generales la muestra se caracteriza por un elevado número de restos y por la presencia de un alto número de individuos. No obstante, si tenemos en cuenta la proporción entre partes esqueléticas fosilizadas y las que han desaparecido, en relación al NMI de Rodentia y Eulipotyphla (Figura 9.13), se puede observar que la pérdida de elementos general es del 75% (Tabla 9.11).

Para los roedores, la media de abundancia relativa de los elementos esqueléticos es del 24%, con una desviación estándar alta (Tabla 9.11). De ello se deduce una gran variabilidad de representación entre los restos contabilizados. Esta variabilidad se puede observar en la alta representación de maxilares y mandíbulas y la escasez de húmeros o la desaparición total de radios y ulnas de roedor (Figura 9.13).

La representación media de los elementos de insectívoros es superior a la de los roedores (Tabla 9.11). En este caso destaca la abundancia relativa de elementos como mandíbulas, húmeros y fémures (Figura 9.13). La alta representación de estos elementos se debe a la robustez que tienen en el esqueleto de los tálpidos. Por lo tanto, las mandíbulas, húmeros y fémures poseen una alta resistencia al proceso de fosilización (recordemos que los restos de *Talpa* suponen la mitad de los individuos insectívoros). Los resultados de la desviación estándar muestran una mayor homogeneidad entre los restos representados de Eulipotyphla (Tabla 9.11).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

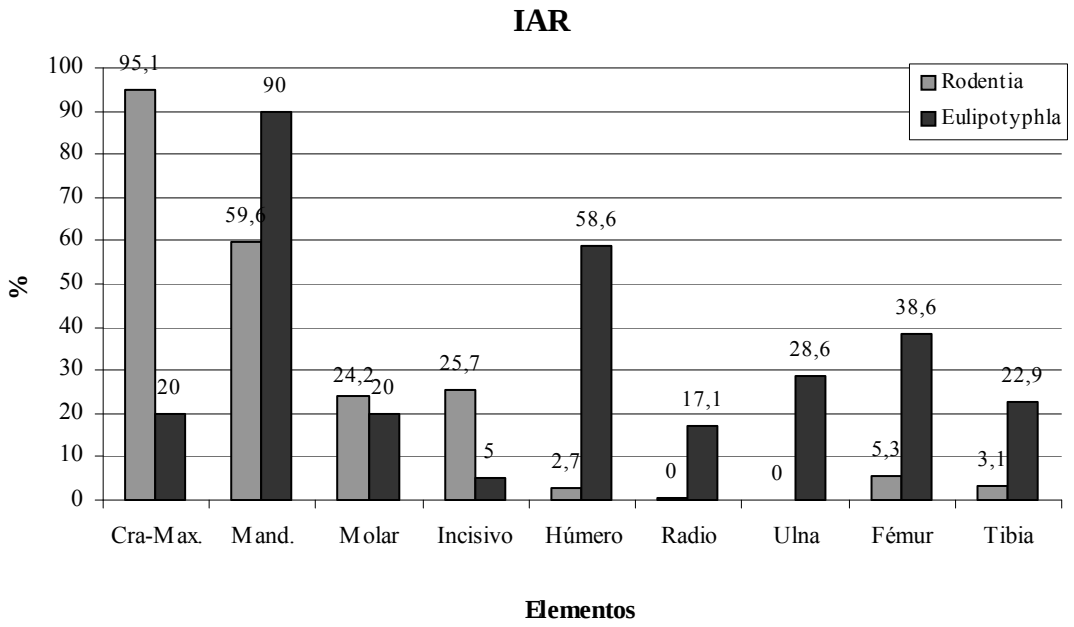

Figura 9.13. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE9b según los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

	Media aritmética	Desviación estándar
Rodentia	24	33
Eulipotyphla	33,4	26
Total	25,3	29,3

Tabla 9.11. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla.

Los índices que relacionan los restos postcraneales y los craneales revelan no sólo una hegemonía de estos últimos, sino también una importante carencia proporcional de los postcraneales, tanto si utilizamos el Pc/C como si utilizamos el H+F/CMx+Md (Tabla 9.12). Aún así, debemos tener en cuenta que según el índice Ms/Av existe una importante pérdida de molares en TE9b.

En los restos postcraneales existe una destrucción preferencial de los elementos distales según el índice distal/proximal (Tabla 9.12).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índice de relación	
Pc/C	0,3
H+F/CMx+Md	0,2
R+T/H+F	0,4
Ms/Av	0,2

Tabla 9.12. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

9.1.2.1.2. Fractura

Los análisis realizados en referencia al grado de fracturación presente en los restos postcraneales muestran que el 12,5% de los restos están enteros. El fragmento postcraneal mejor representado son las epífisis proximales y distales, seguidas por las porciones de epífisis y diáfisis (Figura 9.14).

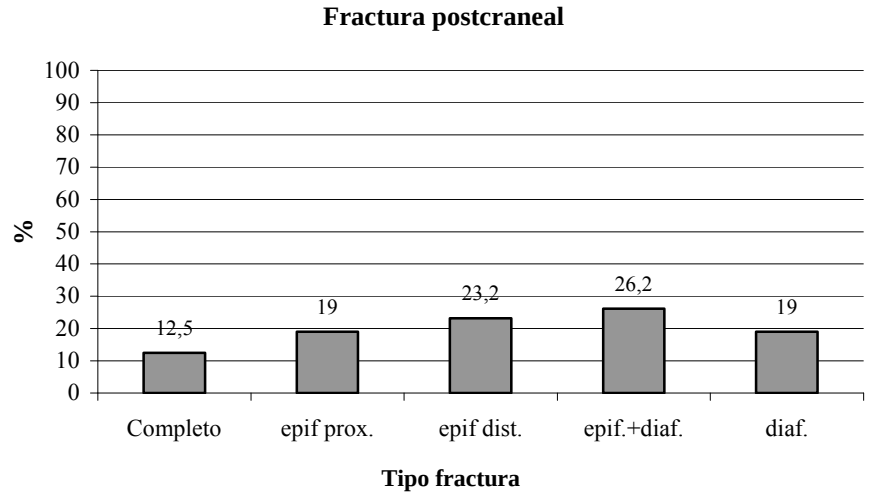

Figura 9.14. Fracturación de los restos postcraneales de TE9b. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

A pesar de la ausencia de cráneos en la muestra (tipos de rotura *a*, *b* y *c*), gran parte de los maxilares poseen poco grado de fragmentación (tipo *d*). La representación de los tipos de fractura *e* y *f* es muy baja, mientras que es significativa la fractura tipo *g*, o extrema (Figura 9.15). Sólo el 3% de los maxilares incluidos en el gráfico (en total 7 maxilares) pertenecen a insectívoros, todos con fractura tipo f.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El 0,5% total de los restos pertenecientes a micromamíferos de TE9b corresponden a arcos cigomáticos, todos ellos en situación aislada, revelando un grado de aislamiento y pérdida muy alto.

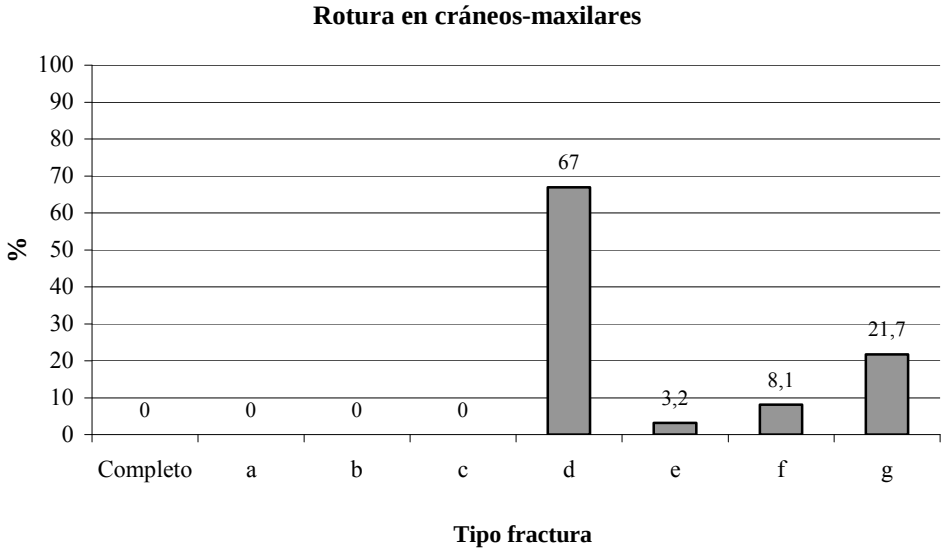

Figura 9.15. Tipologías de fractura de los cráneos-maxilares en TE9b.

Los tipos de fracturas más comunes en las mandíbulas de roedores e insectívoros son el *b* y el tipo *c*. Aún así, debemos destacar la presencia de un pequeño porcentaje de mandíbulas de Eulipotyphla completas y con fracturas del tipo *a* (Figura 9.16).

Asimismo predominan los restos de Rodentia que han perdido la rama mandibular (98,5%) y los que presentan el borde inferior de la mandíbula roto (74,3%). En cambio, el grado de conservación del diastema es muy alto (90,7%). Las mandíbulas de Elipotyphla tienden a conservar mejor la rama mandibular que las de roedor, dado que el porcentaje de pérdida es del 47,6%.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

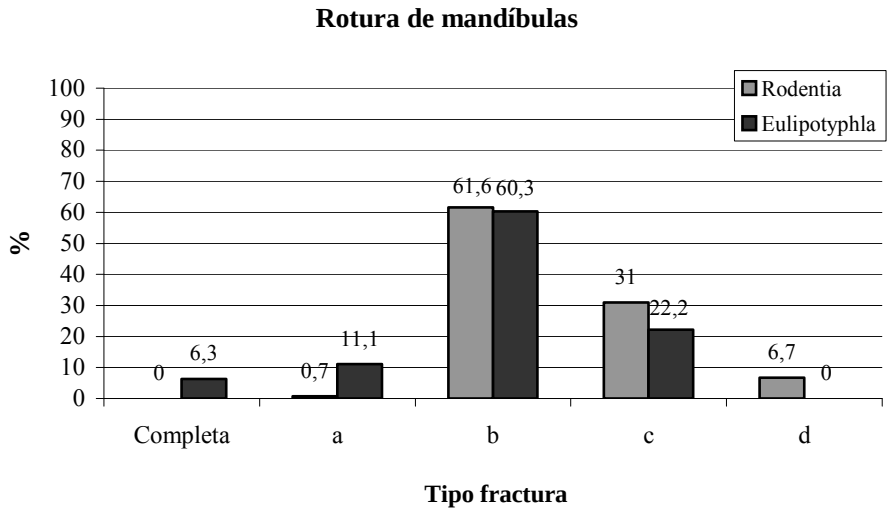

Figura 9.16. Representación de la tipología de fracturas presentes en las mandíbulas de roedores e insectívoros.

Los dientes de *Talpa* cf. *europaea* y *Erinaceus* cf. *europaeus* se desprenden con facilidad de la mandíbula a pesar de poseer raíces (Tabla 9.13). Los molares de arvicólidos se desprenden tempranamente de sus alvéolos, indistintamente de si están albergados en el maxilar o en la mandíbula, debido a la falta de raíces que sujeten el diente. En cuanto a los incisivos, se observa que desaparecen con mayor facilidad de los maxilares, debido a su elevada porosidad, que de las mandíbulas.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		Arvicolidae	Muridae	Talpidae	Erinaceus	Soricidae	Total	Dientes totales
Cra-Max.	molares	98,4	33,3	-	-	45,8	94,7	95,9
	incisivos	100	100	-	-	88	99	
Man.	molares	76,3	44,4	100	100	45,7	69,5	71,3
	incisivos	67,6	75,6	100	100	91	76	

Tabla 9.13. Molares e incisivos perdidos en los cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en la muestra de TE9b. Todos los valores de esta tabla son valores porcentuales.

Gran parte de los molares e incisivos de roedor están enteros. El grado de aislamiento general de estos dientes es medio (Tabla 9.14).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El caso de los molares de los insectívoros de la muestra es similar al de los de roedor, puesto que gran parte de ellos están enteros e *in situ*. En cambio, existe un mayor número de incisivos fracturados (Tabla 9.14).

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	Rodentia		Eulipotyphla	
			n	*%*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	6	0,9	1	1,2
		Enteros	248	38	80	95,2
	Aislados	Rotos	18	2,8	1	1,2
		Enteros	381	58,3	2	2,4
	Total		653		84	
Incisivos	*In situ*	Rotos	23	10	4	57,1
		Enteros	60	26	1	14,3
	Aislados	Rotos	62	26,8	0	0
		Enteros	86	37,2	2	28,6
	Total		231		7	

Tabla 9.14. Rotura y aislamiento en los dientes de roedores e insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

9.1.2.1.3. Digestión

En términos generales, los restos de TE9b que presentan alteraciones por digestión son escasos (Tabla 9.15). De los 1049 huesos y dientes estudiados, tan sólo 191 presentan modificación por la intervención de los jugos gástricos (18%).

No existen molares de insectívoros digeridos, y entre los de roedor, las evidencias son escasas. Así, la mayoría de las veces, la digestión se presenta en grado ligero, aunque alcanza, ocasionalmente, el grado moderado (Tabla 9.15 y Figura 9.17).

La mayor parte de los incisivos que han podido ser analizados no presentan digestión. Entre los incisivos digeridos, destaca el grado ligero (Figura 9.17). El grado de alteración máximo alcanzado es el grado extremo, aunque es porcentualmente poco significativo (Tabla 9.15). Ningún incisivo de insectívoro presenta digestión.

Cabe destacar la presencia de un pequeño porcentaje de incisivos y molares (cerca del 10% de los dientes digeridos) con digestión ligera situada de forma uniforme a lo largo de la superficie del esmalte. Ello indicaría que estos restos estaban aislados en el momento de la digestión.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Se pueden observar elementos postcraneales alterados por digestión. Así, gran parte de los elementos de Rodentia poseen algunas trazas de digestión, destacando el grado ligero (Tabla 9.15 y Figura 9.17).

Por el contrario, entre los insectívoros predomina la ausencia de digestión (Tabla 9.15). Entre los restos de insectívoros con digestión (todos en grado ligero) se hallan restos postcraneales de sorícidos y de tálpidos. Así, es posible afirmar que parte de la presencia de los tálpidos en TE9b se debe también a la predación.

Cerca del 16% de los elementos postcraneales con digestión, poseen las paredes óseas de la metáfisis o de la diáfisis adelgazadas, indicando que una parte de la fractura de los restos se produce como fruto de la predación.

Digestión

	Molares				*Incisivos*				*Postcraneal*			
	Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Eulipotyphla	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	588	90,9	77	100	115	62,5	2	100	8	22,2	68	66
Ligera	53	8,2	0	0	63	34,2	0	0	26	72,2	35	34
Moderada	6	0,9	0	0	3	1,6	0	0	2	5,6	0	0
Fuerte	0	0	0	0	2	1,1	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0
Total*	647		77		184		2		36		103	

Tabla 9.15. Grado de digestión de molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE9b. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total. * El 1% de los molares y el 20% de los incisivos de Rodentia; y el 23% de los elementos postcraneales es invalidado para observar la existencia de digestión debido a su fracturación

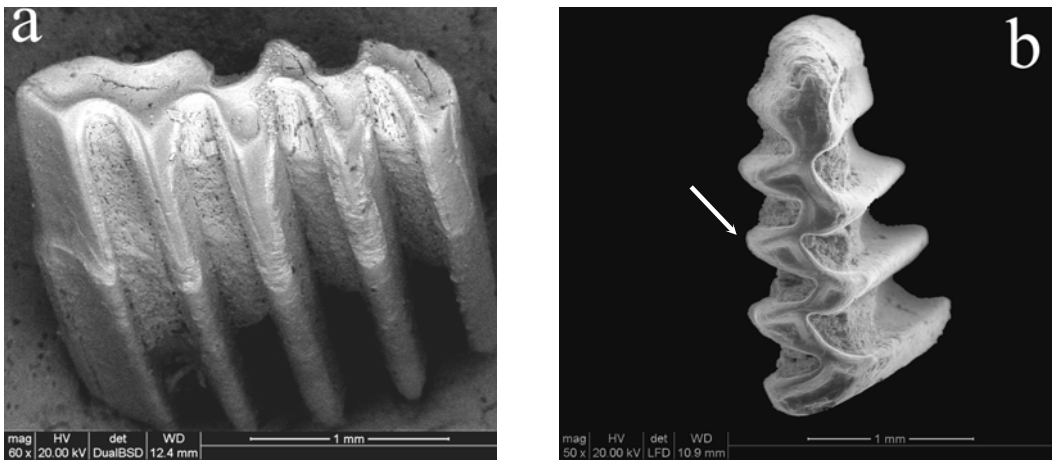

Figura 9.17. Digestión en elementos de TE9b. **a**. y **b**. Digestión moderada en dos M_1 aislados de *A. lavocati*. En la imagen b se puede observar, en vista oclusal, la desaparición del esmalte de los vértices.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

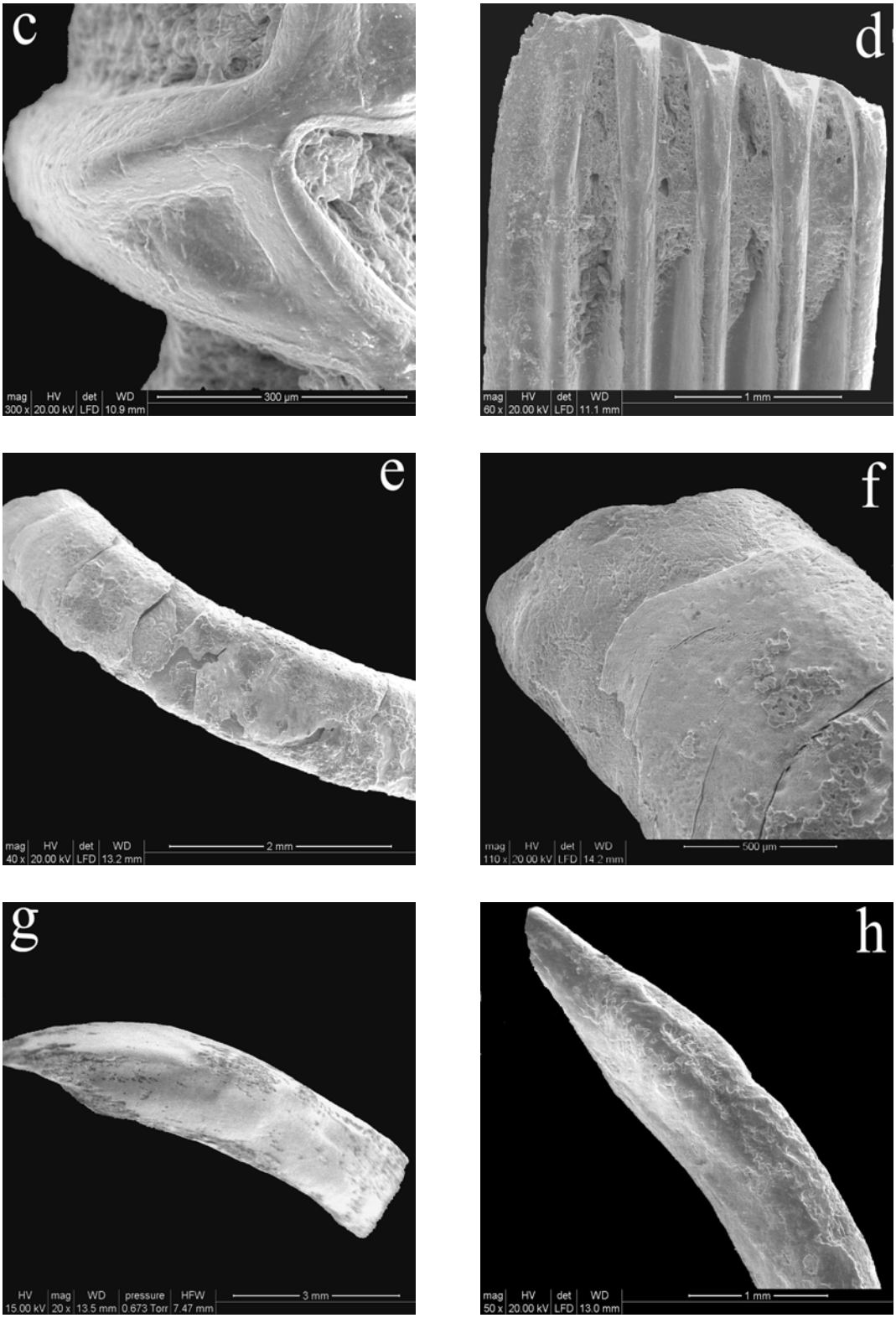

Figura 9.17. Digestión en elementos de TE9b. **c**. Detalle de uno de los vértices de la imagen b. **d**. Digestión moderada en M_1 de *Allophaiomys.* **e**. Digestión moderada en incisivo superior aislado. **f**. Detalla de la alteración en el extremo del incisivo de la imagen f. **g**. Digestión fuerte en incisivo superior aislado de roedor. **h**. Digestión extrema en incisivo inferior aislado de roedor.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

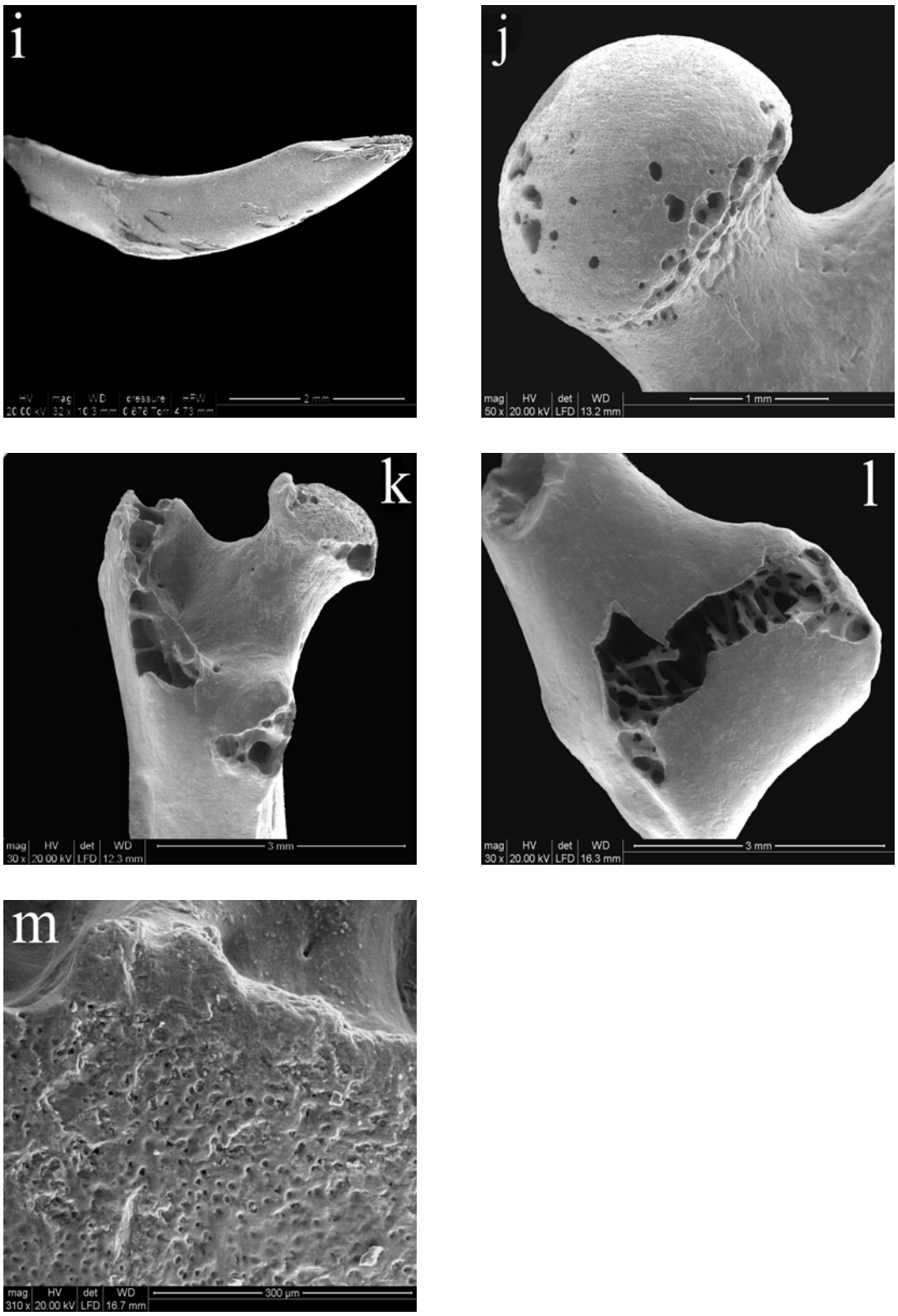

Figura 9.17. Digestión en elementos de TE9b. **i**. Digestión fuerte en incisivo inferior aislado. **j**. Grado de alteración ligero en fémur de roedor. **k**. Digestión moderada en fémur de roedor. **l**. Digestión ligera en fémur de *Talpa*. Presenta fractura mecánica actual. **m**. Detalle de los bordes digeridos del fémur de la imagen l.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.2.1.4. Identificación del predador

Las alteraciones derivadas de la predación, resumidas en la tabla 9.16, permiten caracterizar tafonómicamente al conjunto de micromamíferos de TE9b.

TE9b está formado por un elevado número de restos y de individuos, destacando los pequeños mamíferos (Tabla 9.16). Entre éstos, predominan los arvicólidos en el grupo de los roedores y los tálpidos en el de insectívoros. El índice Ms/Av indica una importante pérdida de molares, por lo que posiblemente el NMI calculado para los micromamíferos sea menor al real.

Resumen de las alteraciones por predación de TE9b	
Nº Restos (n)	3273
Identificados (%)	93,9
NMI (n)	445
Roedores (%)	50,6
Insectívoros (%)	7,9
Media de IAR (%)	25,3
Desv. estándar de IAR	29,3
Pc/C	0,3
H+F/CMx+Md	0,2
R+T/H+F	0,4
Ms/Av	0,2
Fractura postcraneal (%)*	12,5
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	95,9
Fractura mandíbulas (%)*	1,2
Pérdida de la rama mandibular (%)	73
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	71,3
Fractura dientes (%)■	11,8
Digestión molares (%)+	8,1/Mod.
Digestión incisivo (%)+	37,1/Ext.
Digestión postcraneal (%)+	45,3/Mod.

Tabla 9.16. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE9b. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada.; Ext.: Extrema.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los elementos craneales y postcraneales de mamíferos con evidencias de digestión indican que parte del conjunto de micromamíferos de TE9b proviene de una agrupación de origen escatológico (Tabla 9.16). Además, la presencia de digestión en los elementos postcraneales de los sorícidos y tálpidos, indica que estos individuos fueron también consumidos por algún predador, junto con los roedores, descartando la intrusión natural como hipótesis. Por el contrario, la mandíbula izquierda de *Erinaceus* cf. *europaeus* no presenta ninguna alteración por digestión. A pesar de que existen varios predadores que consumen erizos con mayor o menor frecuencia (Lloyd, 1980, en Andrews, 1990; Mikkola, 1983; Köning *et al.*, 1999; Manzanares, 2003), no es posible confirmar el origen de este individuo en el conjunto de micromamíferos de TE9b como fruto de la predación.

Con la finalidad de identificar al predador o predadores originarios del conjunto, se analiza el porcentaje y grado de alteración de los diferentes elementos estudiados. De este modo, el porcentaje y grado de alteración por digestión en molares sugiere la presencia de predadores de categoría D_M 3. En esta categoría se encuentran representadas las rapaces búho real (*Bubo bubo*) y cárabo común (*Strix aluco*).

De igual manera, el porcentaje de incisivos digeridos de TE9b señala a un predador situado en la categoría de modificación D_I 2 o 3. En el primer grupo se hallan las especies búho chico (*Asio otus*), búho de Verreaux (*Bubo lacteus*) y cárabo lapón (*Strix nebulosa*), mientras que en el segundo grupo se encuentran los predadores búho manchado (*Bubo africanus*), búho real, cárabo común, el mochuelo europeo (*Athene noctua*), y gran parte de los vivérridos. Sin embargo, todos estos predadores nombrados suelen alcanzar un grado de digestión en incisivos moderado y, puntualmente, fuerte, mientras que entre los incisivos analizados en TE9b se han registrado grados de digestión fuertes y extremos. Estos grados son propios de predadores de categoría de D_I 4.

Asimismo, el porcentaje de elementos postcraneales alterados parece señalar que el predador se halla en la categoría de modificación D_P 4, donde se halla al cernícalo común (*Falco tinnunculus*), al mochuelo europeo y el aguilucho pálido (*Circus cyaneus*).

La discrepancia entre el grado de digestión y el porcentaje de afección en los incisivos y los diversos grados de alteración del resto de elementos (molares y huesos largos), podría tener relación con la variabilidad en los grados de alteración que realizan un mismo predador sobre el conjunto que ingiere. Sin embargo, y dado el elevado grado de disparidad observado en el conjunto en relación a los patrones de alteración de predadores conocidos, la hipótesis más plausible es la participación de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

más de un predador en la acumulación de los restos de TE9b. Tal y como se observa en el experimento realizado (capítulo 6), el parámetro del estudio tafonómico más variable durante el proceso de mezcla es el grado de digestión de los diversos elementos estudiados. Además, el resto de parámetros tafonómicos (fractura y representación) y las diferentes alteraciones observados en el conjunto podrían confirmar la hipótesis de la mezcla.

La fracturación general de los restos de TE9b es elevada y se presenta en grados moderados y fuertes. La fracturación de algunos elementos antes de la digestión indica que estas fracturas se realizaron durante la ingestión y/o digestión. Cerca del 16% de los elementos postcraneales con digestión, poseen las paredes óseas de la metáfisis o de la diáfisis adelgazadas, indicando que una parte de la fractura de los restos se produce como fruto de la predación. De igual modo, existe un elevado número de incisivos y molares aislados con digestión homogénea en la superficie del esmalte, indicando que estaban desprendidos de sus alvéolos en el momento de la digestión. También hay indicios, porcentualmente menores, de fractura en incisivos y molares con digestión ligera y moderada, debidos a la digestión.

No obstante gran parte de las fracturas de la muestra tienen un origen postdeposicional, no pudiendo ser separadas de las originadas por la predación. Así, no es posible observar si en los grados de fractura y representación existen también las divergencias observadas en el grado de digestión. De todos modos, las características anteriormente nombradas, aunque son porcentualmente poco significativas, podrían indicar la acción de predadores diurnos con capacidad de alteración elevada.

Las alteraciones identificadas en el conjunto de micromamíferos de TE9b parecen indicar que está producido por una mezcla de predadores. Posiblemente la categoría de alteración de los predadores implicados sea muy similar.

9.1.2.2. Alteraciones postdeposicionales

En la parte del estudio tafonómico que sigue a continuación se describen las alteraciones postdeposcionales observadas en los elementos de TE9b. Se debe tener en cuenta que afectan a todos los elementos óseos y dentales y a todas las especies representadas en la muestra, sin mostrar ningún tipo de selección diferencial.

En general, la coloración de los restos es muy homogénea, en tonos marrones, otorgando un color castaño claro a la muestra.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La alteración postdeposicional que afecta a una mayor parte de los restos es la modificación blanca por bacterias. Éstas afectan al 60% de los restos de TE9b (Figura 9.18). Las tinciones asociadas a esta alteración se disponen de forma aislada y dispersa y concentrada por la superficie del resto (81%). La descamación se presenta mayoritariamente en los bordes anatómicos o de fractura (65%) (Figura 9.19).

Los óxidos de manganeso afectan también a gran parte de la muestra, concretamente al 44,5% de los restos. Estas pequeñas tinciones de color negro se depositan sobre la superficie de los restos de forma aislada y dispersa, presentando en pocas ocasiones tinciones generales sobre los restos (Tabla 9.17). Se ha detectado la presencia de óxidos de manganeso en un elevado porcentaje de alvéolos vacíos e interiores diafisarios.

Se ha advertido que no existe superposición entre las alteraciones blancas por bacterias y los óxidos de manganeso a pesar de que ambas pueden estar presentes en un mismo elemento.

Un 20% de la muestra presenta uno o varios bordes de fracturas redondeados no relacionados con la digestión (Figura 9.18 y 9.19). La mayor parte de este redondeamiento es en grado 1. En ocasiones, en el 12% de los casos, este redondeamiento va acompañado de pulido en grado 1. Destaca la existencia de grado 2 únicamente en dos restos de tálpido.

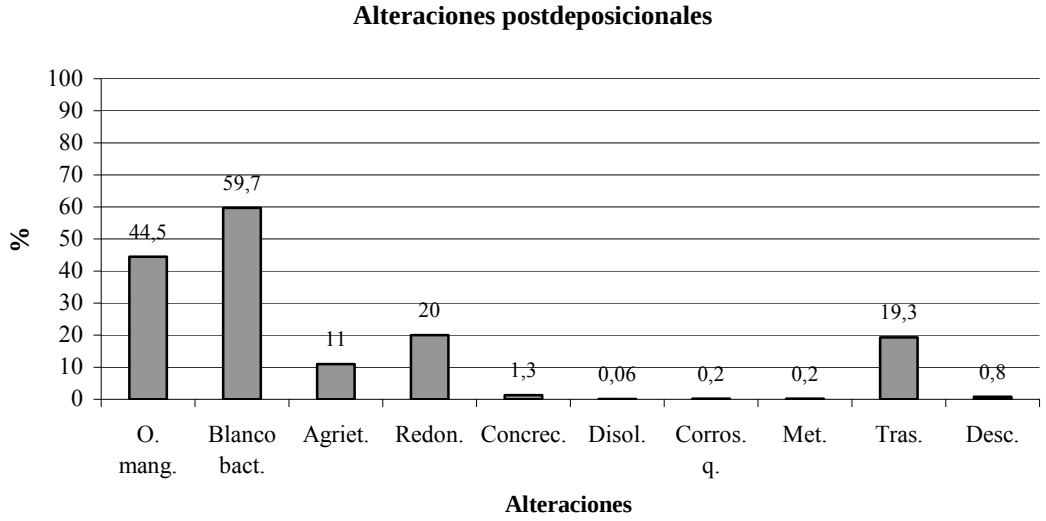

Figura 9.18. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9b. O. mang.: óxidos de manganeso; Blanco bact.: blanco por intervención de bacterias; Agriet.: agrietamientos; Redon.: redondeamientos; Concrec.: concreciones; Disol.: disoluciones; Corros. q.: corrosión química; Met.: meteorización; Tras.: traslúcido; Desc.: descamación.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Óxido de manganeso	
Disposición	*%*
Aislado	58,9
Disperso	26,9
Concentrado	12,0
Generalizado	2,2

Tabla 9.17. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos. %: valor porcentual respecto al total de restos alterados por manganeso

El 19% de los restos de TE9b presenta un aspecto traslúcido parcial (Figura 9.18). Esta alteración está asociada con las fracturas rectas y angulosas de los restos y con una coloración más oscura.

Las fisuras y grietas afectan al 11% de los restos que conforman TE9b (Figura 9.18). Los agrietamientos observados pueden variar en profundidad. Generalmente (83%) suelen presentarse como pequeñas hendiduras muy finas y sin profundidad en la superficie de los restos. No obstante, en ocasiones (14,3%) los restos pueden presentar grandes fisuras de anchura y profundidad variables tendientes a provocar la fracturación del fósil.

El resto de alteraciones, como las concreciones, la descamación, la corrosión y la disolución están presentes en la muestra en porcentajes menores al 2% de afección a los restos (Figura 9.18), aunque se deben tener en cuenta en la historia de la formación del yacimiento. Así pues, las concreciones relacionadas con el goteo de agua carbonatada son una alteración que afecta sólo al 1,3% de la muestra, mientras que la descamación parcial de los bordes de fractura afecta al 0,8% y la corrosión al 0,2% de los restos y siempre de forma localizada.

En el 0,2% del conjunto se han detectado agrietamientos asociados a astillamientos y exfoliaciones relacionados con el proceso de meteorización de los restos (Figura 9.18 y 9.19). Ninguno de estos elementos alterados posee alteración blanca por intervención de bacterias.

La disolución afecta a un sólo resto (0,06%), una ulna de tálpido, y de forma muy aislada (Figura 9.18).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

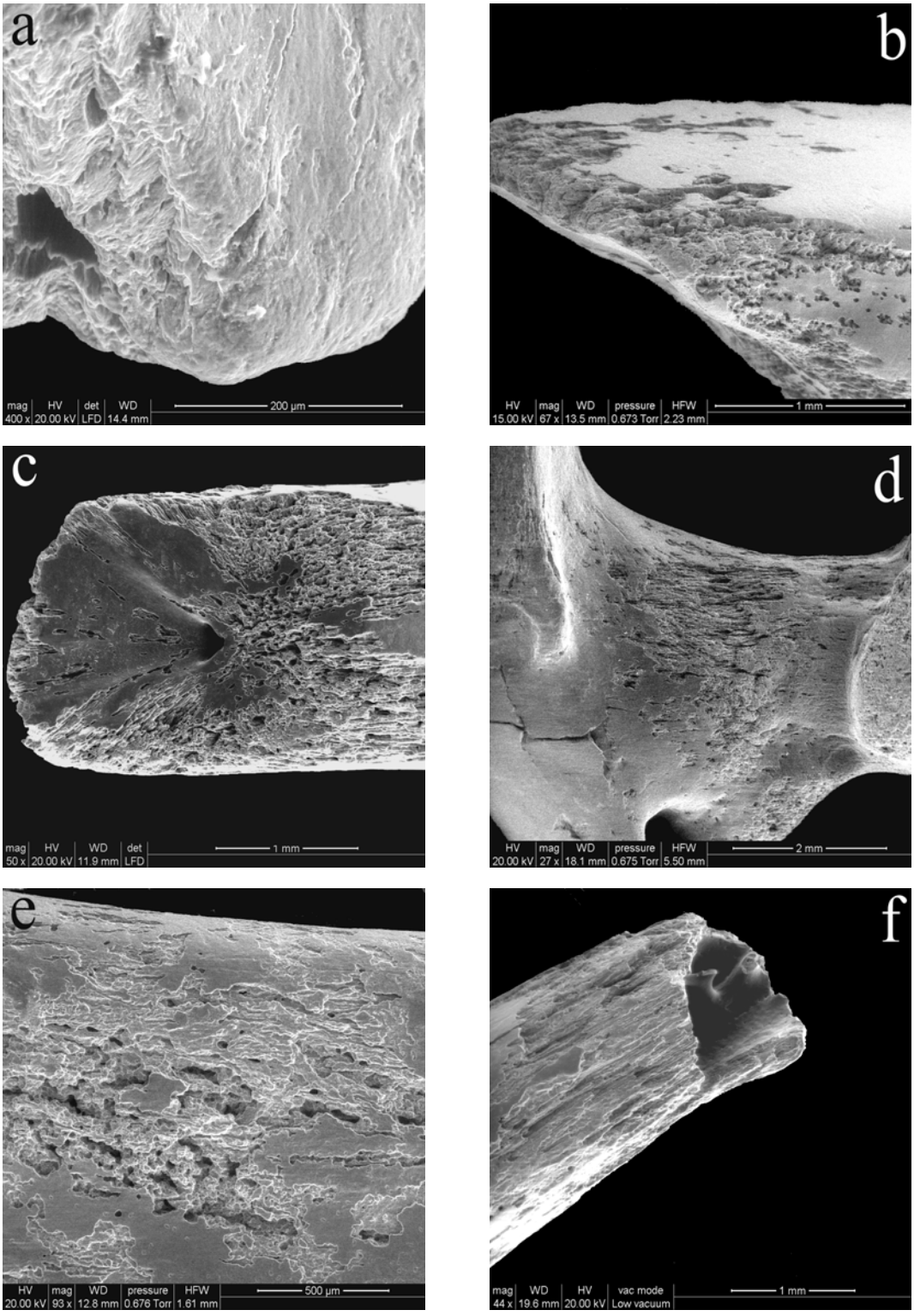

Figura 9.19. Imágenes de las alteraciones postdeposicionales. **a**. Redondeamiento del borde de fractura. **b**. Descamación relacionada con la coloración blanca por bacterias en la dentina de un incisivo superior (sin esmalte por digestión). **c**. Pérdida de dentina en incisivo relacionado con la intervención de bacterias. **d**. Alteración blanca y descamación en húmero de tálpido. **e**. Detalle de la pérdida de tejido óseo. **f**. Alteración en diáfisis de ulna de roedor.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

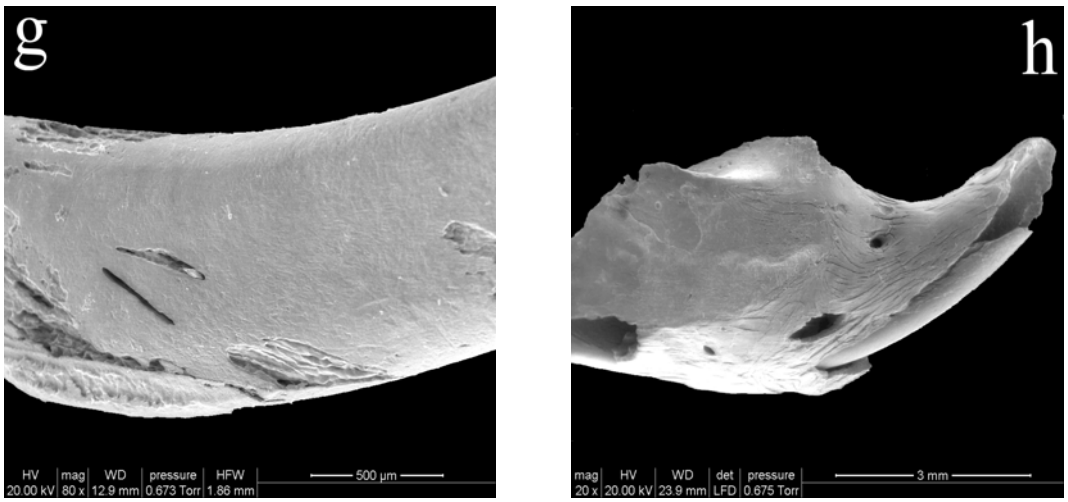

Figura 9.19. Imágenes de alteraciones postdeposicionales. **g**. Pérdida de dentina en incisivo con digestión. El diente presenta coloración blanca dispersa con descamación. **h**. Alteración por meteorización en mandíbula de arvicólido.

TE9b presenta un elevado grado de fractura en cráneos, maxilares y mandíbulas, y una elevada pérdida de ramas mandibulares y de dientes que podrían estar relacionadas con el pisoteo. Además, se han registrado todos los restos esqueléticos y se ha observado un elevado número de maxilares, aunque reducidos por la fractura. Todo ello está en consonancia con el patrón de *trampling* propuesto por Andrews (1990). En algunos elementos se ha identificado la presencia de unas pequeñas estrías superficiales aisladas visibles sólo con ESEM (a más de 60 aumentos). Estas estrías están distribuidas aleatoriamente sobre los restos y presentan una sección en "U" por lo que han sido relacionadas con el pisoteo.

Estas alteraciones postdeposicionales permiten identificar algunos de los agentes y procesos de alteración acaecidos tras la deposición de los restos. De este modo, la aparición de alteraciones blancas en gran parte de los restos indica que éstos estuvieron en contacto y fueron alterados por bacterias. Esta alteración se asocia al proceso de regurgitación de restos en un ambiente séptico. Posiblemente, las bacterias se albergaron en la egagrópila durante su permanencia en el nido.

El pisoteo identificado podría ser de menor intensidad que el hallado entre los restos de TE9c, puesto que el grado de fracturación es menor. Esta alteración podría haberse llevado a cabo en el propio nido de la rapaz, ya que el tránsito de los individuos en el nido originaría una primera disgregación de las egagrópilas y fracturas y estrías en los restos contenidos en ellas. También cabe la posibilidad de que se produjera una vez los restos se depositaron en el sustrato.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Las alteraciones por redondeamiento afectan a un elevado porcentaje de elementos, en ocasiones, relacionados con pulido. Estas alteraciones se deben al proceso de abrasión sufrido durante el transporte desde el lugar de deposición de las egagrópilas hacia la cavidad.

La elevada precipitación de óxidos de manganeso indica humedad, aunque también puede estar relacionada con un ambiente de deposición idóneo para la actividad bacteriana o para los procesos de reducción y oxidación. Cabe destacar que la presencia de precipitación de óxidos de manganeso en bordes de fracturas e interiores diafisales y alvéolos vacíos, indicaría que las fracturas y las pérdidas de dientes se dieron con anterioridad a la deposición. Estas fracturas podrían producirse durante la ingestión y digestión de las presas o durante el proceso de pisoteo de las egagrópilas en el nido.

Entre los restos analizados se halla un pequeño porcentaje de agrietamientos, mayoritariamente finos, que indican cambios de temperatura y humedad.

También existen alteraciones por meteorización en un pequeño porcentaje de restos, sugiriendo la exposición a los agentes metereológicos antes de su entrada en la cavidad o en las proximidades de la entrada.

Finalmente, la presión ejercida por los sedimentos y los desplazamientos, deformaciones y rupturas sedimentarias favorecen la fracturación. Aunque no ha sido posible realizar evaluaciones precisas sobre el grado de influencia de estas alteraciones en los elementos de micromamíferos de TE9b, se estima que estos agentes provocan gran parte de las fractura registradas en este subnivel.

Además, se debe señalar que no hay ninguna alteración de carácter postdeposicional ni ninguna superposición de alteraciones que permita identificar dos o más aportaciones distintas realizadas por más de un predador.

9.1.3. El subnivel TE9a

La subunidad TE9a forma la parte superior de la unidad TE9. Todas las muestras analizadas en este estudio pertenecen a distintas profundidades del cuadro K31.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.3.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

El análisis tafonómico de las asociaciones fósiles contempla el estudio de la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan.

9.1.3.1.1. Representación

El número total de restos analizados procedentes de las muestras de TE9a asciende a 2296. El 95% de estos restos ha podido ser identificado a nivel anatómico y taxonómico.

El conjunto está formado por 178 individuos pertenecientes a diversos ordenes (Figura 9.20). Entre los no-mamíferos destacan los anuros, seguidos de las pequeñas aves, los reptiles escamosos y los salmónidos.

Los mamíferos conforman el grupo más numeroso de la muestra (152 individuos), representado por los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Entre ambos grupos podemos hallar varias diferencias.

El orden de los roedores es el más abundante. Rodentia muestra una alta variabilidad de especies representadas, aunque la mayor parte de ellas están presentes en pequeños porcentajes. Así, los arvicólidos conforman un gran grupo gracias a la presencia mayoritaria de *Allophaiomys lavocati*. En el pequeño grupo de los múridos destaca *Castillomys rivas* (Figura 9.20).

Por su parte, el grupo de los insectívoros presenta una alta variabilidad de especies, que, además, están bien representadas. La mitad de los individuos corresponden a la especie de *Talpa* cf. *europaea*, destacando también la presencia de *Sorex* sp., *Crocidura* sp. y *Beremendia fissidens*.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

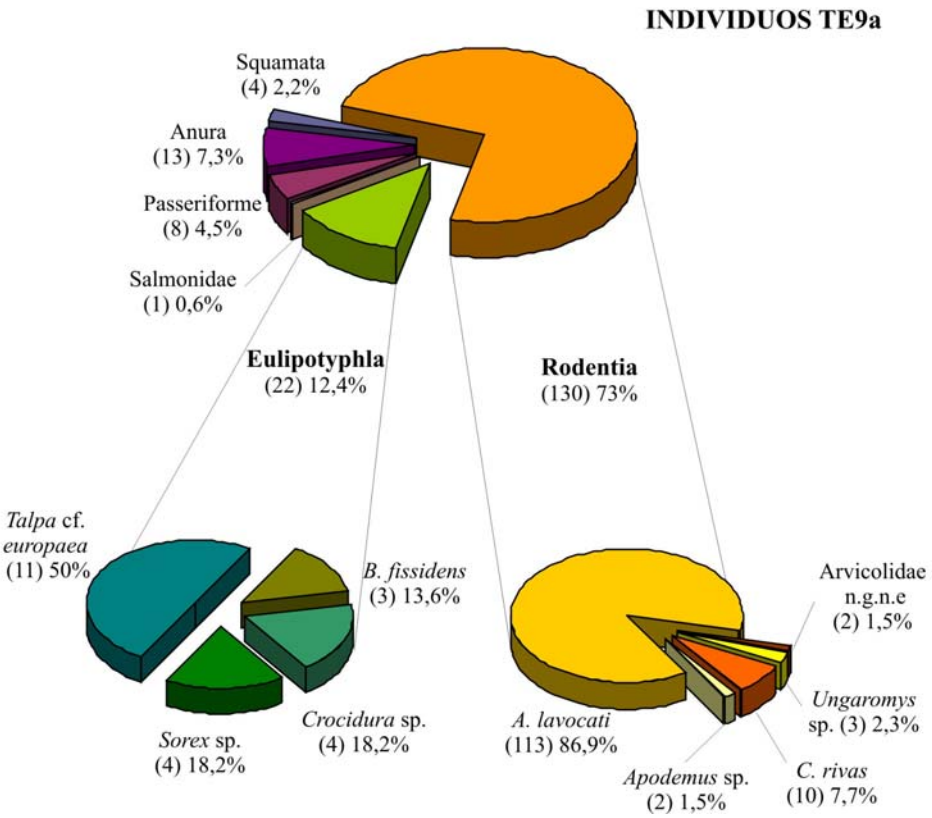

Figura 9.20. Representación gráfica del NMI de TE9a. n.g.n.e.: nuevo género nueva especie. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Entre estos individuos se ha detectado, como mínimo, un roedor juvenil, evidenciado por un húmero en proceso de epifisación. También se han identificado 4 individuos seniles (un ejemplar de *C. rivas* y *Crocidura* sp. y dos de *Sorex* sp.). Estos individuos se reconocen por la presencia de mandíbulas con dientes con desgaste extremo, llegando, incluso, a agotar la corona. Además, se han encontrado 3 restos patológicos: dos elementos postcraneales de roedores con recrecimiento óseo en la diáfisi, y una mandíbula de sorícido, sin dientes, con adición ósea y abultamiento en la rama mandibular.

En TE9a se han hallado 1579 restos correspondientes a 152 pequeños mamíferos. Todos los elementos esqueléticos están presentes, incluyendo los huesos de menor tamaño, como autópodos y vértebras (Tabla 9.18).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Restos de Mamíferos

Elemento	*n* Rodentia	*n* Eulipotyphla	%
Cráneo-Maxilar	167	6	11
Mandíbula	145	44	12
Molar	390	51	27,9
Incisivo	337	4	21,6
Arco cigomático	12	-	0,8
Húmero	23	24	3
Radio	0	6	0,4
Ulna	1	15	1
Fémur	17	16	2,1
Tibia	16	25	2,6
Cintura	22		1,4
Vértebra	82		5,2
Costilla	25		1,6
Autópodo	54		3,4
Indeterminado	97		6,1
Total	1579		

Tabla 9.18. Número de elementos anatómicos (n) de roedores e insectívoros, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TE9a.

A pesar del elevado número de restos y de NMI, la media del índice de abundancia relativa indica una representación baja para Rodentia y para Eulipotyphla (Tabla 9.19 y Figura 9.21). Además, la desviación estándar de ambas variables presenta valores altos, sugiriendo que la representación de los elementos en la muestra es muy heterogénea (Tabla 9.19). De todas maneras, la variabilidad de representación entre los elementos es más acusada en los roedores.

En el caso de los roedores, es posible observar el contraste entre la sobrerepresentación de cráneos-maxilares y la escasa presencia de ulnas y nula representación de radios (Figura 9.21).

De igual modo se percibe, en los restos de Eulipotyphla, una oposición entre la excelente representación de mandíbulas, la buena conservación de tibias y húmeros y la baja representación de los dientes (Figura 9.21). Ello se debe a la robustez de estos elementos (mandíbulas y postcraneal) en el esqueleto de los tálpidos, abundantes en la muestra (el 50% de insectívoros pertenecen a la especie *Talpa* cf. *europaea*).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

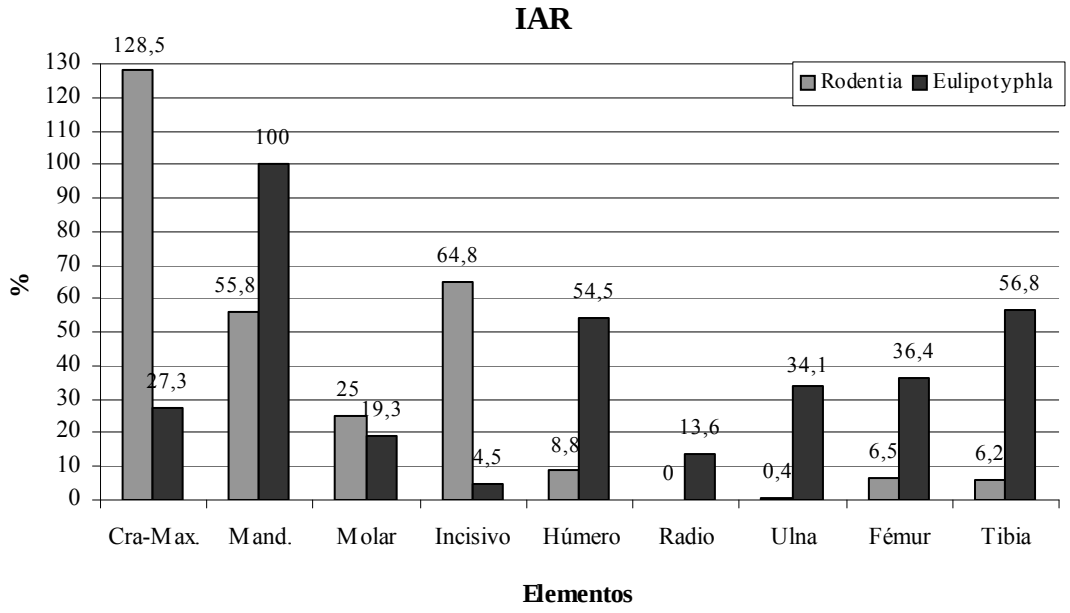

Figura 9.21. Gráfico del índice de abundancia relativa para los elementos de TE9a según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

	Media aritmética	Desviación estándar
Rodentia	32,9	43
Eulipotyphla	38,5	28,9
Total	33,7	37

Tabla 9.19. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla.

Los índices de relación Pc/C y H+F/CMx+Md muestran el predominio de los restos craneales sobre los postcraneales en TE9a. Se debe tener en cuenta que el índice Ms/Av denota una importante pérdida de molares (Tabla 9.20).

Índice de relación	
Pc/C	0,4
H+F/CMx+Md	0,2
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	0,2

Tabla 9.20. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Por su parte, el índice de relación entre los elementos distales y los proximales de las extremidades expone la existencia de una destrucción de los elementos distales (Tabla 9.20).

9.1.3.1.2. Fractura

Existe un elevado grado de fractura en los elementos postcraneales de TE9a. Únicamente el 10% de los restos están enteros y las porciones o zonas conservadas son mayoritariamente epífisis proximales y distales (Figura 9.22). Cabe destacar que la mayor parte de los elementos enteros son radios y húmeros de Talpidae, familia caracterizada, como ya se ha señalado anteriormente, por la robustez de sus extremidades.

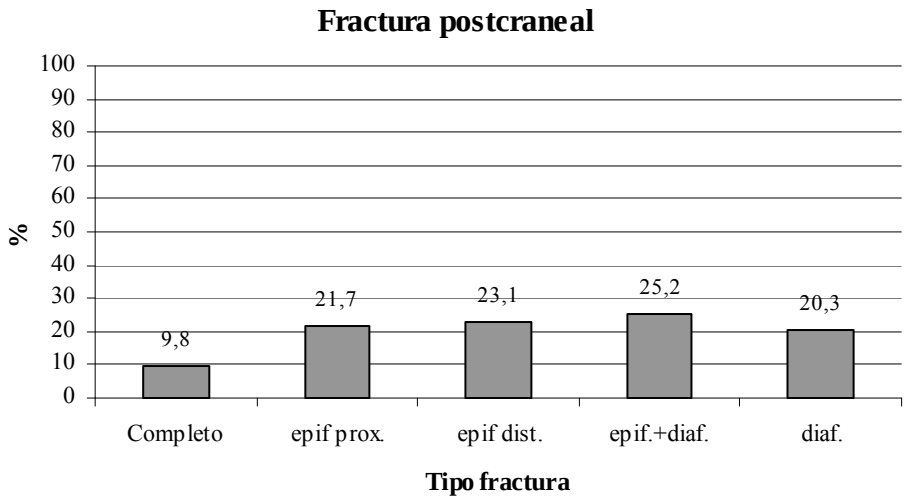

Figura 9.22. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE9a. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

En las diferentes muestras analizadas de TE9a no se ha hallado ningún cráneo. Los maxilares de Rodentia presentan un grado de rotura muy alto (en tipo *g*). Los escasos maxilares de insectívoros presentan fractura de tipo *f* (Figura 9.23).

A pesar del elevado número de maxilares, existen pocos arcos cigomáticos (Tabla 9.18). Ninguno de estos elementos está en posición *in situ* en el maxilar, indicando que el grado de pérdida de arcos cigomáticos es muy elevado.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

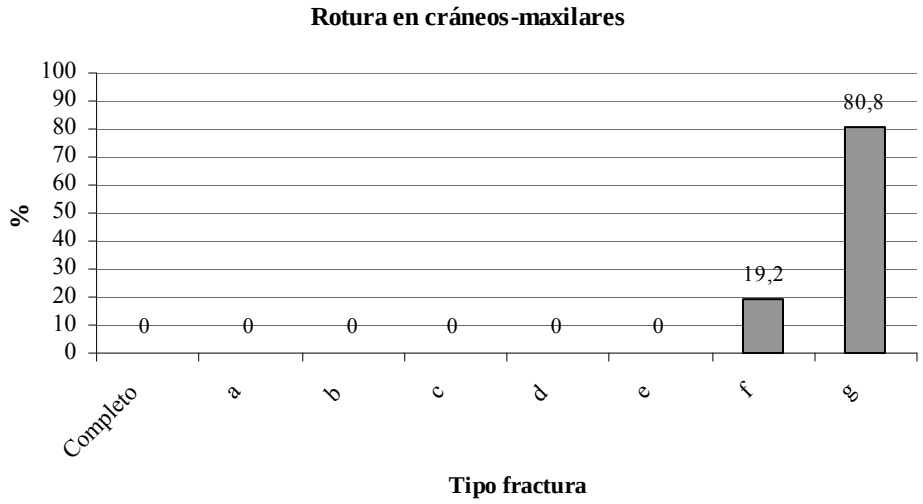

Figura 9.23. Fracturas en los cráneos-maxilares de TE9a.

En general, el grado de rotura de las mandíbulas es menor que el de los maxilares. En los roedores no existen mandíbulas enteras, y las fracturas más abundantes son del tipo *b* y *c*, es decir, conservan gran parte del cuerpo mandibular (Figura 9.24).

Tal y como se pone de manifiesto por el tipo de fracturas representadas, la totalidad de las mandíbulas de Rodentia ha perdido la rama mandibular y el 64,8% presenta también el borde inferior roto. Por el contrario, los roedores muestran un grado de conservación del diastema alto (84,1%).

Las mandíbulas de insectívoros también presentan grados de rotura generales de tipo *b* y *c*, aunque cabe destacar la existencia de mandíbulas enteras. Una importante parte de las mandíbulas conservan la totalidad de la rama mandibular intacta (47,7%).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

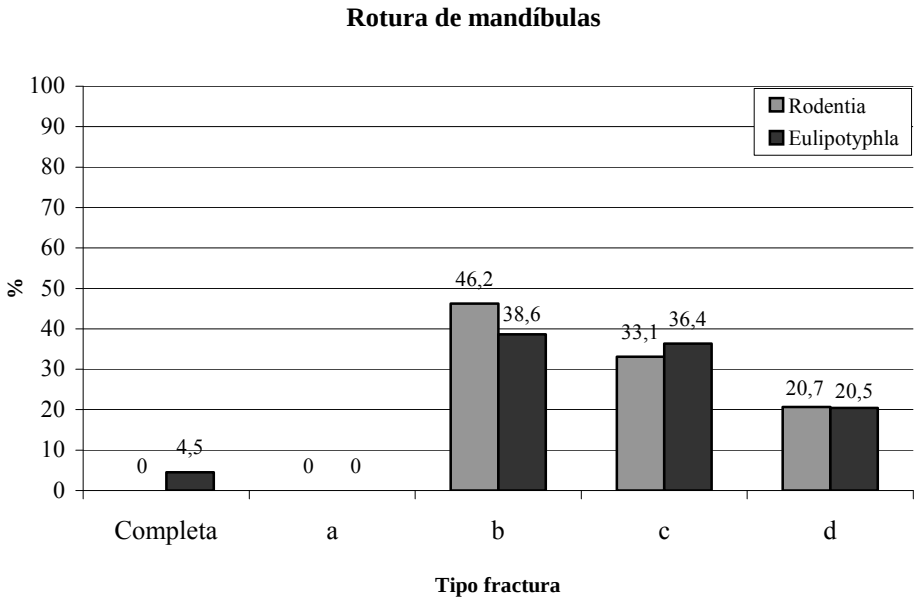

Figura 9.24. Tipología de fractura en las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE9a.

Como se puede observar en la tabla 9.21, todos los alvéolos correspondientes a los incisivos superiores están vacíos, independientemente a la familia a la que pertenezcan.

Por el contrario, los alvéolos vinculados a los molares superiores muestran mayor o menor porcentaje de pérdida de los dientes según a la familia que pertenezcan. Así, los maxilares de arvicólidos presentan la mayoría de sus alvéolos vacíos, mientras que los múridos y los sorícidos tienden a conservar un mayor número de dientes *in situ* (Tabla 9.21). Esto se debe a la ausencia de raíces en los molares de arvicólidos, favoreciendo el desprendimiento del diente de su quijada.

Los porcentajes de dientes perdidos en las mandíbulas presentan mayor variabilidad en comparación con los maxilares. Sin embargo, y en líneas generales, las mandíbulas conservan un mayor número de dientes *in situ* que los maxilares (Tabla 9.21).

En la tabla 9.22 se observa que gran parte de los molares de Rodentia no presentan roturas. Tal y como se pone de manifiesto en el gran número de alvéolos vacíos en maxilares y mandíbulas, la mayor parte de la molares están aislados. Entre los incisivos predominan los restos enteros y aislados.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cuanto a los restos dentales de Eulipotyphla, los grados de fractura y aislamiento para los molares son muy bajos. De igual modo, los incisivos están enteros e *in situ* (Tabla 9.22).

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		Arvicolidae	Muridae	Talpidae	Soricidae	Total	Dientes totales
Cra-Max.	Molares	98,6	56,7	-	33,3	96,1	97,1
	Incisivos	100	100	-	100	100	
Man.	Molares	76,3	57,1	95	56,7	72,5	72,7
	Incisivos	59,7	76,2	100	90	73	

Tabla 9.21. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE9a. Todos los valores de esta tabla son valores porcentuales.

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	Rodentia		Eulipotyphla	
			n	*%*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	2	0,5	2	3,9
		Enteros	140	35,9	48	94,1
	Aislados	Rotos	6	1,5	0	0
		Enteros	242	62,1	1	2
	Total		390		51	
Incisivos	*In situ*	Rotos	22	6,5	1	25
		Enteros	31	9,2	2	50
	Aislados	Rotos	120	35,6	0	0
		Enteros	164	48,7	1	25
	Total		337		4	

Tabla 9.22. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores e insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

9.1.3.1.3. Digestión

Se han contabilizado 194 restos con digestión de 823 restos estudiados (23,6%). En los molares predomina la ausencia de trazas relacionadas con la digestión (Tabla 9.23). Los escasos restos con alteración, presentan grados ligeros, aunque alcanzan, de forma esporádica, grados moderados (Figura 9.25). Entre los molares digeridos, no se halla ninguno de los 51 molares de insectívoro de TE9a (Tabla 9.23).

Un elevado número de los incisivos estudiados no presentan ninguna alteración por digestión. Entre los incisivos con trazas de alteración (45%) destaca el grado

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

ligero y moderado, aunque la digestión máxima alcanzada es en grado fuerte (Tabla 9.23 y Figura 9.25). No existe digestión en ningún incisivo perteneciente al orden Eulipotyphla (Tabla 9.23).

Aunque predominan los elementos digeridos fuera de sus alvéolos cabe destacar que existe un pequeño porcentaje de incisivos *in situ* con digestión (5%). Además, el 3% de los incisivos presentan digestión a lo largo del esmalte en grado ligero, sugiriendo que una pequeña parte de ellos ya estaban fuera de su alvéolo durante la digestión.

En los restos postcraneales también se pueden observar elementos alterados por digestión. Los elementos pertenecientes a Rodentia presentan mayoritariamente alteraciones por digestión en grado ligero, mientras que los insectívoros muestran mayoritariamente ausencia de digestión (Tabla 9.23 y figura 9.25).

El adelgazamiento de las paredes de la metáfisis o la diáfisis de un pequeño porcentaje de elementos postcraneales (4%), por efecto de los jugos gástricos, indica que la fractura de estos restos se produce con anterioridad o durante el proceso de digestión.

Digestión

	Molares				*Incisivos*				*Postcraneal*			
	Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Eulipotyphla	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	355	91,7	51	100	143	55,4	4	100	18	43,9	58	70,7
Ligera	29	7,5	0	0	104	40,3	0	0	23	56,1	24	29,3
Moderada	3	0,8	0	0	7	2,7	0	0	0	0	0	0
Fuerte	0	0	0	0	4	1,6	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total*	387		51		258		4		41		82	

Tabla 9.23. Grado de digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE9a. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total. * En el total de restos existe un porcentaje de dientes de roedor (1% de molares y 23% de incisivos) y de elementos postcraneales de Rodentia (28%) y Eulipotyphla (el 5%) donde las fracturas no permiten observar si existe o no alteración por digestión.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

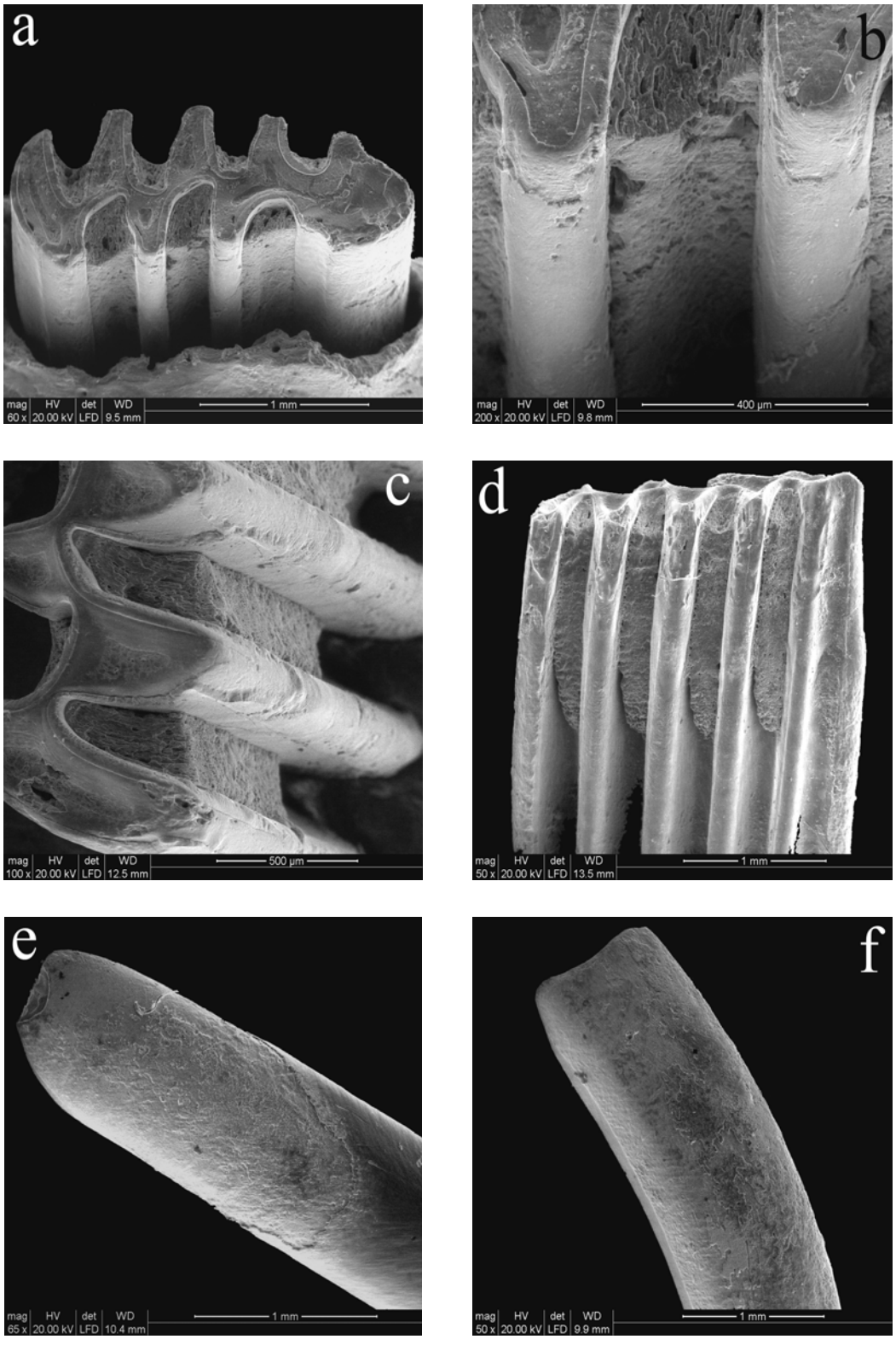

Figura 9.25. Elementos de TE9a con alteración por digestión. **a**. Digestión ligera en M_1 de *A. lavocati*. **b**. Detalle de la digestión en los vértices del molar de la imagen anterior. **c** y **d**. Digestión moderada en dos molares. **e**. Digestión ligera restringida en el extremo más oclusal del incisivo. **f**. Digestión ligera.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

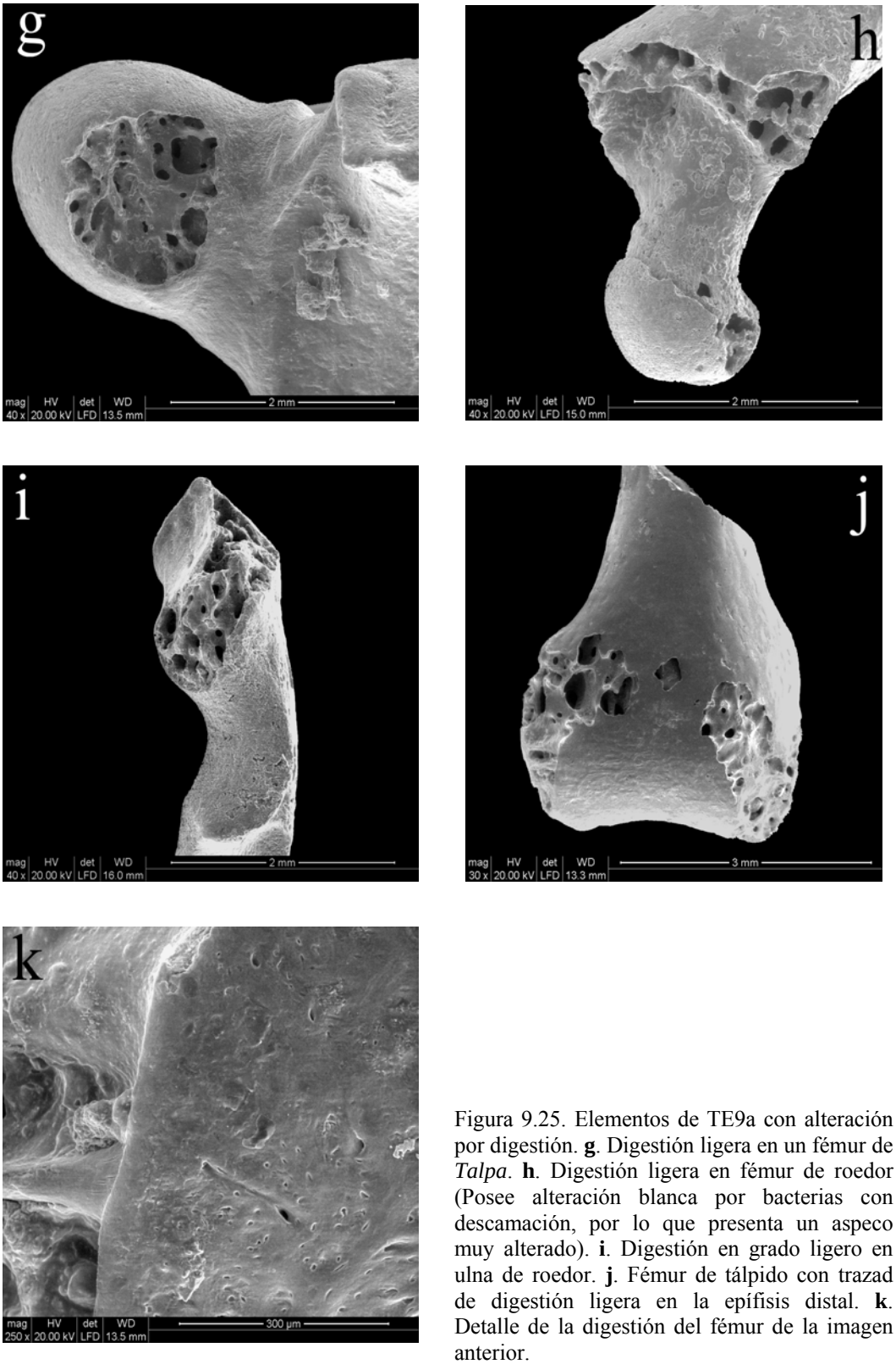

Figura 9.25. Elementos de TE9a con alteración por digestión. **g**. Digestión ligera en un fémur de *Talpa*. **h**. Digestión ligera en fémur de roedor (Posee alteración blanca por bacterias con descamación, por lo que presenta un aspeco muy alterado). **i**. Digestión en grado ligero en ulna de roedor. **j**. Fémur de tálpido con trazad de digestión ligera en la epífisis distal. **k**. Detalle de la digestión del fémur de la imagen anterior.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.3.1.4. Otras alteraciones por predación

Entre los 191 restos de insectívoros de las muestras de TE9a, se halla un húmero izquierdo entero de *Talpa* cf. *europaea* que muestra una alteración física en la superficie ósea. La localización de la alteración y su morfología indican que se trata de la pequeña impronta de una mordedura formada por cinco depresiones en la cara craneal y una depresión en la caudal (Figura 9.26). Estas depresiones, que poseen los bordes definidos, tienen una morfología circular u ovalada y algunas de ellas muestran parte del tejido cortical colapsado en el interior de la depresión. En la superficie del resto, no se han hallado ni trazas de digestión ni otras alteraciones.

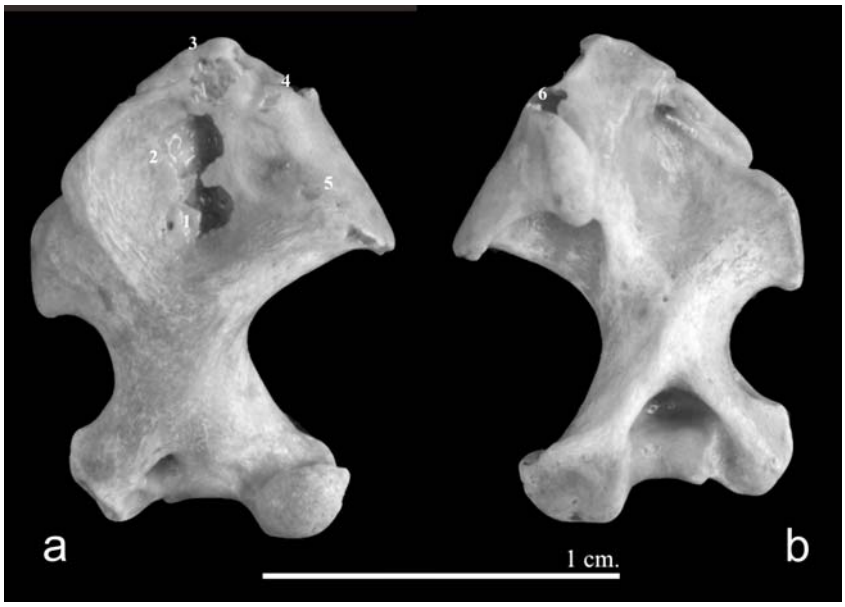

Figura 9.26. Húmero de *Talpa* cf. *europaea* con la numeración de las diferentes depresiones halladas. **a**. Cara craneal. **b**. Cara caudal.

La mordedura hallada en el húmero de tálpido de TE9a se incluye en el tipo G (Figura 9.27) (Andrews y Fernández-Jalvo, 1997; Díez *et al.*, 1999). Además, el pequeño tamaño del resto estudiado y de las depresiones así como la escasa distancia entre ellas, indica la acción de un predador de pequeño tamaño y, por lo tanto, con escasa capacidad de fracturación (Tabla 9.24). Ya en un trabajo anterior (Bennàsar *et al.*, 2009) se estudió a los pequeños depredadores posibles y presentes en TE9 que cumplían con estas características: *Mustela palerminea* y *Beremendia fissidens* (Cuenca-Bescós y Rofes, 2004; Rofes y Cuenca-Bescós, 2009). Con la finalidad de asignar el agente de esta mordedura se midieron los 22 restos fósiles de *M. palerminea* y *B. fissidens* de la Sima del Elefante. Además, y debido a la escasez del registro fósil de mustélidos de TE, se midieron también 2 especímenes actuales de *M. nivalis*. Este

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

mustélido es un pariente cercano a *M. palerminea*, aunque posee un tamaño medio menor que su ascendiente fósil (García y Arsuaga, 1999).

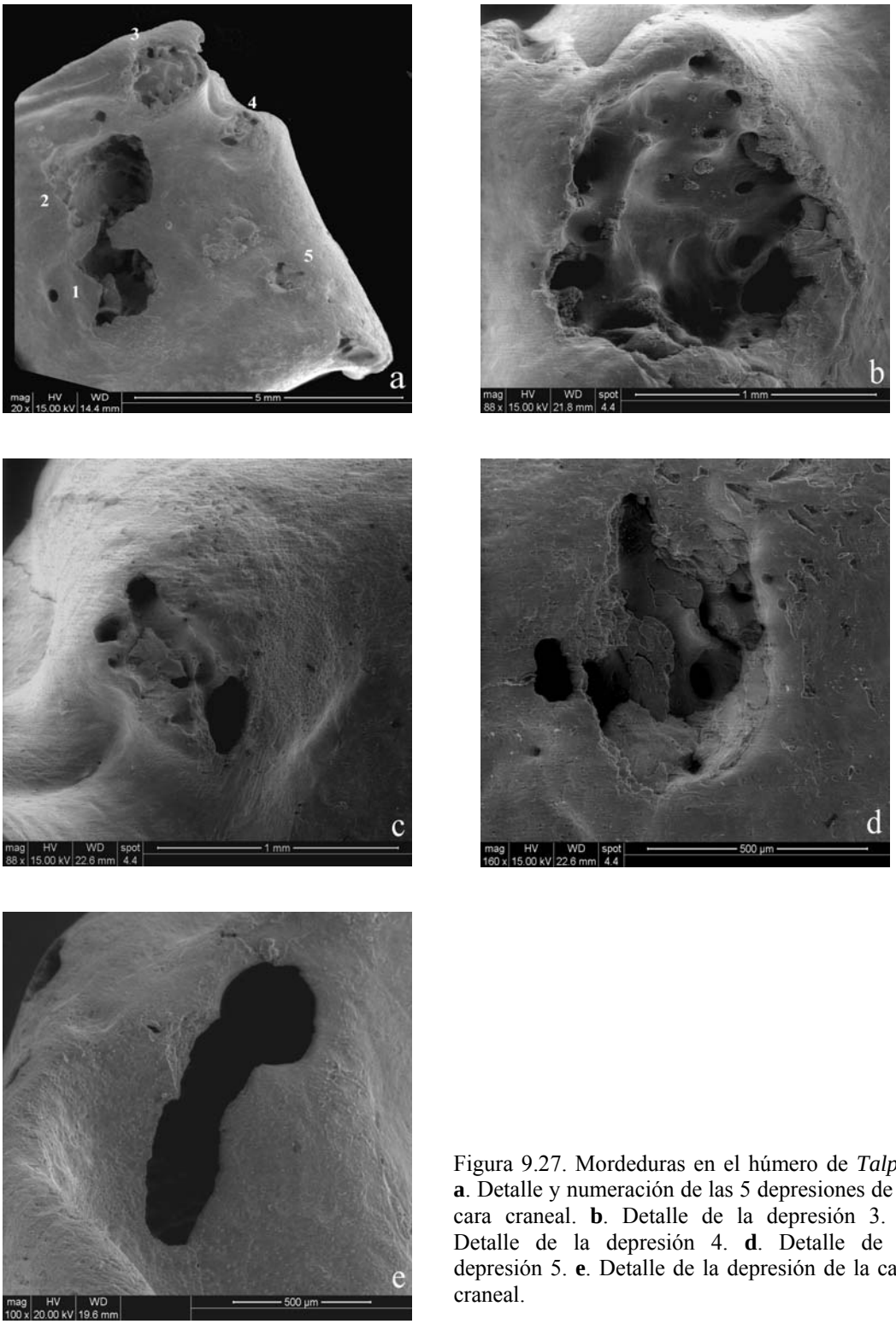

Figura 9.27. Mordeduras en el húmero de *Talpa*. **a**. Detalle y numeración de las 5 depresiones de la cara craneal. **b**. Detalle de la depresión 3. **c**. Detalle de la depresión 4. **d**. Detalle de la depresión 5. **e**. Detalle de la depresión de la cara craneal.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

	Diámetro			**Distancia**
Dep.	**Máximo**	**Mínimo**	Dep.	
1	1,14	0,95	1 a 2	1,89
2	1,21	1,02	1 a 3	3,43
3	1,13	1,05	1 a 4	3,32
4	0,67	0,4	1 a 5	2,68
5	0,42	0,36	2 a 3	1,9
6	1,03	0,35	2 a 4	2,37
			2 a 5	3,43
			3 a 4	1,53
			3 a 5	3,93
			4 a 5	2,63

Tabla 9.24. Diámetro máximo y mínimo de las depresiones y distancia entre las depresiones del húmero de *Talpa* cf. *europaea*. La numeración sigue la mostrada en la Figura 9.6. Dep. depresiones. Medidas en mm.

Se tomaron las dimensiones de cada una de las cúspides y las distancias habidas entre ellas. En cuanto al diámetro máximo y mínimo de las cúspides, las que más se correspondían con las depresiones eran los incisivos (tanto superiores como inferiores) de *B. fissidens* y el protocónido de M_1 y el paracono del P^4 de *M. nivalis*. Teniendo en cuenta la distancia entre las cúspides en comparación con la distancia entre las depresiones, las cúspides más coincidentes eran el incisivo y el anteromolar superior de *B. fissidens* y el M_1 de *M. nivalis* (distancia entre el protocónido y el paracono). Con estos datos se apuntó que la posibilidad más factible era la autoría de *B. fissidens*.

El registro fósil ha proporcionado recientemente dos restos de *B. fissidens* que aportan nueva información a la descrita anteriormente. Se trata de dos maxilares enteros y en buen estado de conservación, de TE7 N28 1410-1420 (denominado BF1) y de TE9c G28 1540-1550 (conocido como BF2) (Figura 9.28). La aparición de estos restos ha permitido medir la distancia existente entre los incisivos superiores así como la distancia que hay entre ellos y los anteromolares (Tabla 9.25).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 9.28. Maxilar con incisivos superiores *in situ* de *Beremendia fissidens* (individuo BF1). **a**. vista labial derecha. **b**. vista frontal.

		Diámetro		Distancia	
		Máximo	**Mínimo**		
BF1	I^1 der	1,23	1,01	I^1 a I^1	1,45
	I^1 izq	1,12	1	I^1 a A^1 der	2,31
				I^1 a A^1 izq	2,52
BF2	I^1 der	0,95	0,7	I^1 a I^1	1,37
	I^1 izq	1,02	0,96	I^1 a A^1 der	2,16
				I^1 a A^1 izq	2,35

Tabla 9.25. Diámetro máximo y mínimo de los incisivos (I^1) y distancia entre los incisivos y entre los incisivos y anteromolares (A^1) de los dos individuos de *B. fissidens* (BF1 y BF2). Der.: derecho; izq.: izquierdo. Medidas en mm.

Estas medidas permiten observar las similitudes que existen entre el diámetro máximo y mínimo de los incisivos superiores de *B. fissidens* con el diámetro de las depresiones 1 y 2 del húmero estudiado (Tabla 9.24). La distancia entre los incisivos y las dos depresiones son también muy similares. Además, también existen coincidencias entre las distancias de los incisivos y los anteromolares del mismo lado de *B. fissidens* con las distancias entre las depresiones 2 y 4, y las depresiones 1 y 5 del húmero. De esta manera, estas nuevas medidas permiten afirmar que *B. fissidens* es la autora de las mordeduras sobre el húmero de *Talpa* cf. *europaea*

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.1.3.1.5. Identificación del predador/es

El estudio de las alteraciones derivadas de la predación de los micromamíferos de TE9a permite caracterizar tafonómicamente al conjunto, de los que se resumen los principales rasgos en la tabla 9.26.

Resumen de las alteraciones por predación de TE9a	
Nº Restos (n)	2296
Identificados (%)	95
NMI (n)	178
Roedores (%)	73
Insectívoros (%)	12,4
Media de IAR (%)	33,7
Desv. estándar de IAR	37
Pc/C	0,4
H+F/CMx+Md	0,2
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	0,2
Fractura postcraneal (%)*	9,8
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	97,1
Fractura mandíbulas (%)*	1,1
Pérdida de la rama mandibular (%)	73,9
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	72,7
Fractura dientes (%)■	19,6
Digestión molares (%)+	7,3/Mod.
Digestión incisivo (%)+	43,9/Fue.
Digestión postcraneal (%)+	38,2/Lig.

Tabla 9.26. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE9a. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lig.: ligera; Mod.: moderada.; Fue.: fuerte.

El conjunto de TE9a se caracteriza por poseer un elevado número de restos y de individuos. Entre estos individuos destacan los pequeños mamíferos (Tabla 9.26), especialmente los roedores y los talpidos. Se debe tener en cuenta que el índice Ms/Av indica una importante pérdida de molares, por lo que posiblemente el NMI calculado para los micromamíferos sea menor al real.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los elementos con evidencias de digestión (n=194) indican que el origen del conjunto de micromamíferos, o gran parte de él, se debe a la predación, descartando así cualquier otra hipótesis que explicase la concentración de estos restos.

La presencia de digestión en los elementos de insectívoros, tanto sorícidos como tálpidos, indica que parte de los individuos pertenecientes a estos grupos fueron predados, refutando un origen relacionado con las intrusiones naturales.

En cuanto al predador o predadores, el porcentaje de incisivos alterados por digestión parece indicar la intervención de uno de la categoría D_I 3. En esta categoría se hallan las especies búho manchado o búho africano (*Bubo africanus*), búho real (*Bubo bubo*), cárabo común (*Strix aluco*), mochuelo europeo (*Athene noctua*), otoción (*Otocyon megalotis*), y algunos vivérridos. Además, el grado de digestión alcanzado en los incisivos, también propio de la categoría de modificación D_I 3, es común en predadores como el cárabo común y el mochuelo europeo.

Aunque en la muestra existe un pequeño porcentaje de incisivos *in situ* con digestión, predominan los elementos digeridos fuera de sus alvéolos. Un pequeño porcentaje de éstos, presentan digestión a lo largo del esmalte del incisivo en grado ligero (3%), sugiriendo que ya estaban fuera de su alvéolo durante la digestión. El resto de elementos digeridos que están fuera de sus alvéolos deben su aislamiento, probablemente, a las alteraciones postdeposicionales identificadas en el apartado 9.1.3.2 (pisoteo, presión de sedimentos, etc.).

El porcentaje y el grado de digestión que presentan los molares indica la intervención de un predador de categoría de alteración 3 (D_M). Al igual que en la categoría de alteración para incisivos, en la categoría D_M 3 se halla a búho real, cárabo común, otoción y a los vivérridos. Todos estos predadores presentan grados de alteración moderados y fuertes, aunque el porcentaje de molares digeridos por los vivérridos y otoción, tiende a ser superior del 25%. Este porcentaje de alteración es mayor al presente en las muestras de TE9a (<10%). Así, los pequeños carnívoros serían excluidos como predadores candidatos productores de la asociación.

En cuanto al porcentaje de restos postcraneales alterados por digestión, éste indica la intervención de un predador de la categoría D_P 2, donde se hallan las especies búho africano, búho real y cárabo común.

Como se puede observar, existe cierta homogeneidad en los grados de digestión de los diferentes elementos estudiados. Ello podría indicar que la aportación de micromamíferos al conjunto estudiado se debe a la actividad de un sólo predador mayoritario, además de la intervención de *Beremendia fissidens*.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

De esta manera, la digestión de incisivos, molares y elementos postcraneales permiten señalar a dos especies de predadores de micromamíferos como posibles autoras de la agrupación de TE9a: búho real y cárabo común. Estas especies producen alteraciones tafonómicas similares en los micromamíferos consumidos, dificultando la distinción de los conjuntos. Sin embargo existen unas características diferenciales entre ambas especies. Por un lado, el búho real infringe un grado general de fractura y digestión ligeramente menor al que realiza el cárabo común. Sin embargo, y como se verá posteriormente, los agentes de carácter postdeposicional modifican considerablemente el grado de fractura de los restos, que se presenta en grados fuertes y extremos en TE9a. Ello dificulta la identificación de las roturas directamente relacionadas con la predación. Por otro lado, el tamaño general de las presas consumidas suele ser mayor en el búho real que en las concentraciones de cárabo común. En los restos de TE9a no ha sido posible apreciar diferencias significativas entre el tamaño y el peso de los individuos contabilizados. Consecuentemente, no ha sido posible apreciar las pequeñas diferencias existentes entre los conjuntos actuales de búho real y cárabo común en los restos de TE9a.

Así, y a modo de conclusión, las alteraciones en el conjunto de micromamíferos de TE9a indican la actividad de una rapaz nocturna de categoría final de alteración 2, señalando al cárabo común (*Strix aluco*) y al búho real (*Bubo bubo*) entre las posibles candidatas. Posiblemente, la comparación con el resto de conjuntos fósiles que se realizará en la visión diacrónica permitirá dilucidar al predador entre los candidatos nombrados.

Entre los restos estudiados de TE9a, se encuentra un húmero de *Talpa* con una mordedura. Como hemos visto, esta mordedura, está relacionada con la intervención de un predador de pequeño tamaño, como un pequeño mustélido o un insectívoro. Las medidas realizadas en el resto estudiado y en los dientes de *M. nivalis* y *B. fissidens* indican que el autor de las mordeduras es la musaraña gigante de dientes rojos (*B. fissidens*).

El tamaño y el comportamiento etológico de la actual *M. nivalis* conducen a pensar que el resultado de su intervención sobre los restos cazados o consumidos puede ser el aprovechamiento intenso, por lo que se esperarían más depresiones o mayor fracturación de los bordes del resto.

En cambio, *B. fissidens* es un pequeño soricino de entre 40 y 45 gr. de peso, que podría tener una capacidad de alteración mucho menor. Esta musaraña podría poseer, como el resto de musarañas de dientes rojos, una alta tasa metabólica que haría indispensable el consumo de grandes cantidades de alimento (Churchfield, 1990). En

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

la actualidad se ha observado que algunos de sus parientes actuales (como *Blarina brevicauda*), consumen, además de insectos, un importante número de roedores, anfibios, reptiles, peces y aves (Kita *et al.*, 2004).

Además, los restos fósiles de *B. fissidens* poseen un aparato inyector de saliva venenosa comparable al de los modernos solenodontos (Cuenca-Bescós y Rofes, 2007; Rofes y Cuenca-Bescós, 2007; Rofes, 2009). Se puede observar en la cara medial de los incisivos inferiores de *B. fissidens* un pequeño canal con sección en forma de C, cuya función es transportar el veneno almacenado en la glándula submandibular al incisivo (Figura 9.29). Allí, el veneno es inyectado a la presa a través de la punta de vértice (Cuenca-Bescós y Rofes, 2007; Rofes y Cuenca-Bescós, 2009). El desarrollo de esta saliva venenosa podría estar relacionada con el porcentaje de vertebrados incluidos en su dieta, así como con la necesidad de hacer frente a presas más grandes que ellos mismos (Dufton, 1992).

Figura 9.29. Figura del incisivo de *Beremendia fissidens*, mostrando el canal del aparato inyector de veneno. Modificada de Cuenca-Bescós y Rofes (2007).

Así, el uso del veneno, junto con una potente mandíbula, permitiría a la musaraña gigante de dientes rojos adquirir las presas de gran tamaño que necesitaría para cubrir las necesidades alimenticias requeridas por su alta tasa metabólica. No obstante, no se han documentado con anterioridad a este trabajo, otras evidencias tafonómicas de la intervención realizada por *B. fissidens* en otros individuos, lo que otorga al húmero de *Talpa* de TE9a un carácter de excepcionalidad. De todas formas, esta intervención debe ser considerada esporádica dentro del gran número de restos aportados por el cárabo común, la principal autora de la acumulación.

9.1.3.2. Alteraciones postdeposicionales

En esta segunda parte del análisis tafonómico se describen las alteraciones de origen postdeposicional de los micromamíferos de TE9a. Éstas afectan a todos los elementos y a todas las especies, sin mostrar ningún tipo de selección diferencial.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La alteración de carácter postdeposicional más abundante en los restos analizados es la alteración blanca por intervención de bacterias. Ésta afecta al 68% de los restos estudiados. Las tinciones de color blanco y las descamaciones afectan a todos los segmentos anatómicos indistintamente de la especie a la que pertenezca el individuo alterado. Gran parte de los restos afectados por bacterias presentan coloración dispersa por la superficie del resto (80%) (Figura 9.31) y abundante descamación en los bordes anatómicos o de fractura (59%) (Figura 9.30).

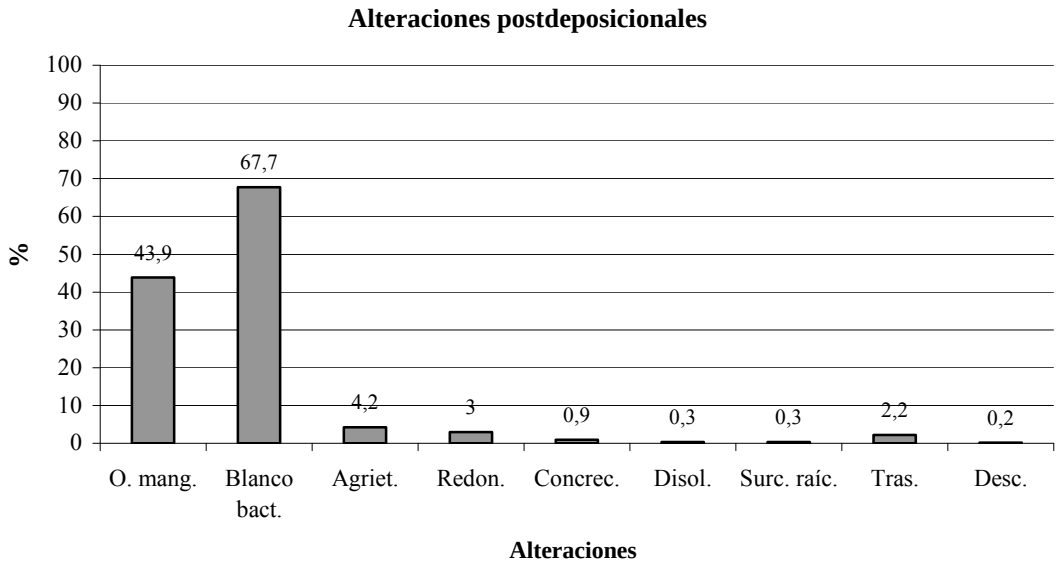

Figura 9.30. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE9a. O. mang.: óxidos de manganeso; Blanco bact.: blanco por intervención de bacterias; Agriet.: agrietamientos; Redon.: redondeamientos; Concrec.: concreciones; Disol.: disoluciones; Surc. raíc.: surcos por raíces; Tras.: traslúcido; Desc.: descamaciones.

Las tinciones por óxido de manganeso afectan al 43,9% de los fósiles de TE9a (Figura 9.30). Esta alteración se localiza, principalmente, sobre la superficie del hueso o diente de forma aislada, aunque en ocasiones pueden hallarse tinciones por óxidos de manganeso concentradas en pequeñas porciones del resto (Tabla 9.27). No obstante, cabe destacar la presencia de tinciones en el interior de los cilindros diafisários y en bordes de fractura, indicando que la rotura de estos restos fue anterior a la deposición por manganeso (en el 8% de los restos con manganeso).

En los restos que poseen alteraciones blancas por bacterias y precipitación de óxidos de manganeso, no se ha observado superposición entre ambas modificaciones.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Óxidos de manganeso	
Disposición	*%*
Aislado	57,6
Disperso	7,0
Concentrado	34,5
Generalizado	0,9

Tabla 9.27. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos. %: valor porcentual respecto al total de restos alterados por manganeso

El 4% de los restos presentan agrietamientos de diferente profundidad en superficie (Figura 9.30). La mayor parte de estas hendiduras son finas y estrechas. Generalmente no presentan profundidad (40,7%), o bien muestran poca profundidad (35,2%). El 24% responden a grietas anchas y profundas que potencian la rotura del resto.

El 2% de los restos presenta cambios de coloración hacia tonos más oscuros relacionados con la propiedad de la traslúcidez (Figura 9.30).

Un pequeño porcentaje de la muestra presenta uno o varios bordes de fracturas redondeados no relacionados con la digestión (3%, Figura 9.30). La mayor parte de este redondeamiento es en grado 1 y, en ocasiones, va acompañado de pulido en grado 1 (Figura 9.31).

El resto de alteraciones halladas en la superficie de los elementos de TE9a afectan a un porcentaje menor al 1% de los fósiles. Así pues, el 0,9% de los restos presentan concreciones, un 0,3% presenta disoluciones muy localizadas (Figura 9.30 y figura 9.31) y el 0,2% del total presenta descamación aislada (Figura 9.30).

Es importante destacar que el 0,3% de los restos presenta alteración por raíces en la superficie ósea de forma aislada o concentrada. Se detectan en la superficie de tres restos de roedor (dos mandíbulas y un elemento postcraneal) y en un húmero de *Talpa* cf. *europaea* (Figura 9.31).

Los elementos de TE9a presentan un elevado grado de fractura, especialmente los de cortical más fina (como los cráneos) que, en combinación con la representación de todos los elementos esqueléticos (inclusive los de menos tamaño), podrían sugerir la presencia de pisoteo. Además, en algunos restos estudiados mediante ESEM (a más de 60 aumentos) se ha identificado la presencia de unas pequeñas estrías superficiales aisladas, no identificadas durante el estudio con lupa binocular. Estas estrías están distribuidas aleatoriamente sobre los restos y presentan una sección en "U" por lo que han sido relacionadas con el pisoteo o *trampling*.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

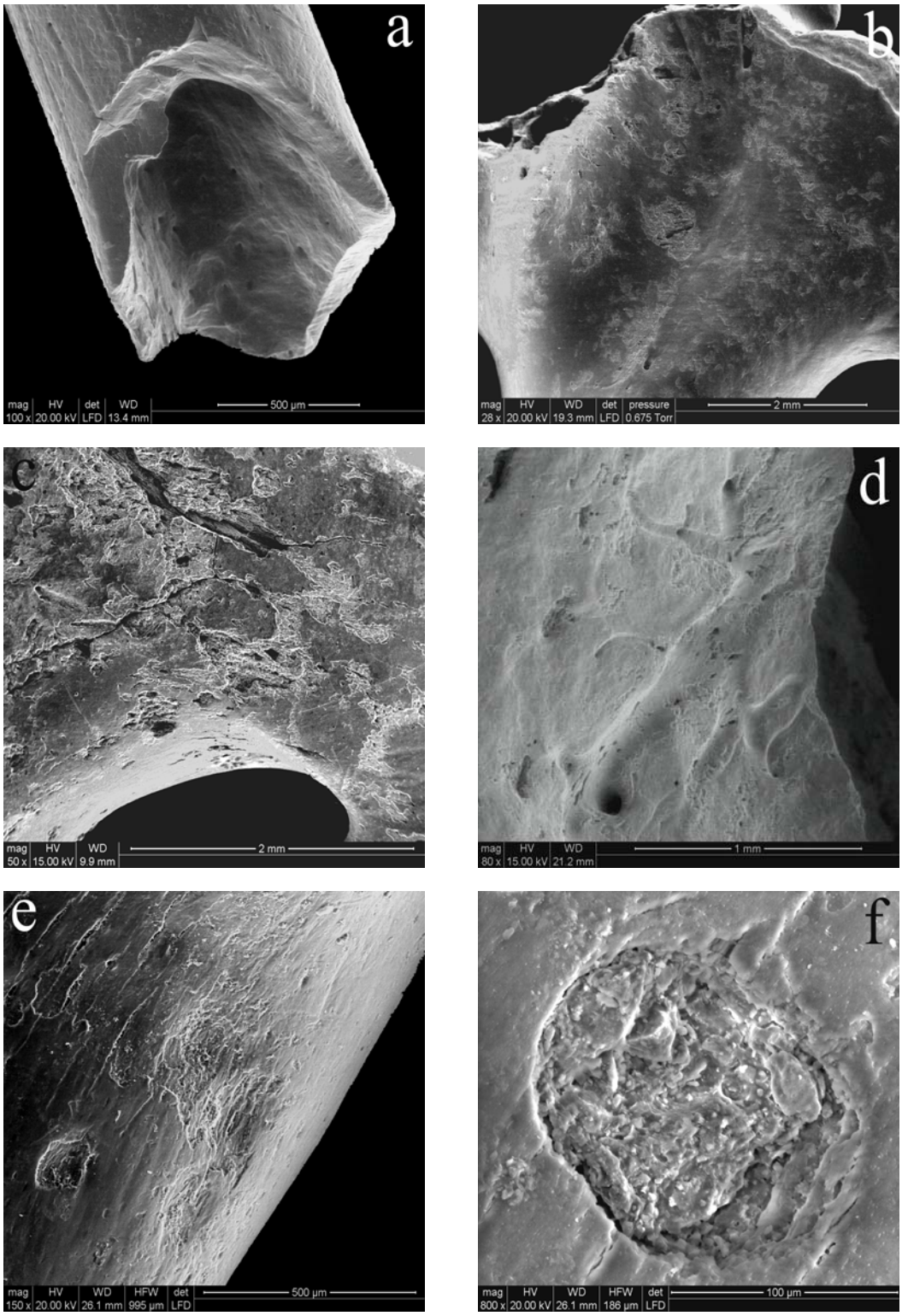

Figura 9.31. Imágenes de las alteraciones postdeposicionales observadas en TE9a. **a**. Redondeamiento en los bordes de fractura. **b**. Alteración blanca con descamación de la cortical ósea dispersa en la superficie de un húmero de *Talpa*. **c**. Descamación relacionada con la alteración blanca por bacterias. **d**. Surcos producidos por raíces en un húmero de *Talpa*. **e**. Disolución. **f**. Detalle de un surco posiblemente relacionado con la actividad de raíces.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Todas estas alteraciones y agentes descritos anteriormente señalan la intervención de diferentes agentes durante la formación de los fósiles y del estrato. De este modo, el alto porcentaje de restos con alteraciones blancas indica una actividad bacteriana relacionada con el entorno de las aves y sus residuos.

Las fracturas y estrías por pisoteo podrían haberse dado mientras los restos estaban aún albergados en las egagrópilas, puesto que no conlleva altos grados de pérdida de los elementos más frágiles (maxilares, mandíbulas, vértebras, autópodos, etc.).

Las alteraciones por redondeamiento son escasas aunque están, ocasionalmente, relacionadas con pulido. Estas alteraciones se deben a la abrasión durante el transporte desde el lugar de deposición hacia la cavidad.

Una gran parte de los restos están afectados por óxidos de manganeso, indicando un ambiente húmedo. Entre los restos analizados hay elementos con deposiciones de óxido de manganeso en los bordes de fractura y alvéolos vacíos, lo que indicaría que las fracturas y el desprendimiento de los dientes se dio con anterioridad a la precipitación de los óxidos.

La presencia de finos agrietamientos indica cambios de temperatura y humedad en el ambiente de deposición. De igual manera se detectan concreciones y disoluciones que estarían relacionadas con el goteo de agua en el interior de la cavidad y una posterior desecación.

Existen elementos con alteraciones relacionadas con la actividad de plantas subaéreas, lo que induce a pensar en una intervención esporádica de las plantas con anterioridad a la entrada de dichos elementos en la cavidad.

Finalmente, la presión ejercida por los sedimentos y los desplazamientos, deformaciones y rupturas sedimentarias favorecen la fracturación de los restos. Aunque no ha sido posible realizar evaluaciones precisas sobre el grado de influencia de estas alteraciones en los elementos de micromamíferos, se estima que estos agentes provocan gran parte de las fracturas registradas en TE9a.

9.1.4. Resumen diacrónico de TE9

El paquete sedimentario de TE9 se caracteriza por poseer un elevado ángulo de inclinación hacia el Norte, que alcanza los 38º (Parés *et al.*, 2006). En los cerca de 2,5

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

m. de potencia estratigráfica de este nivel se distinguen, a partir de criterios litoestratigráficos, tres subniveles. Estos son TE9c, TE9b y TE9a.

En el estudio de cada subnivel se ha tratado la formación de las diferentes asociaciones fósiles a través de las alteraciones tafonómicas identificadas. En esta pequeña síntesis diacrónica del nivel 9, se observarán las similitudes y diferencias tafonómicas entre los restos estudiados de cada subnivel. A través de estas similitudes y diferencias descritas se podrá examinar la homogeneidad o heterogeneidad de la formación del nivel 9 de la Sima del Elefante.

En TE9c, TE9b y TE9a se ha registrado un elevado número de restos y de individuos pertenecientes al grupo de los microvertebrados. Así, el número de restos fósiles del conjunto de TE9 estudiados en esta Tesis Doctoral asciende a 6782 elementos.

En términos generales, la presencia de especies y de alteraciones en los tres subniveles de TE9 son muy similares. En todos los casos se ha contabilizado un elevado número mínimo de individuos donde destacan los mamíferos. En la totalidad del nivel 9, predominan los roedores y, entre ellos los arvicólidos. Asimismo, entre el orden Eulipotyphla predominan los tálpidos. Únicamente se observa una disminución considerable del número de anuros en TE9a.

En todos los casos se han contabilizado la totalidad de los restos esqueléticos de los mamíferos. La media de representación es, en el caso de TE9c y TE9a, media. Sin embargo, en TE9b la abundancia relativa de los elementos esqueléticos disminuye. No obstante, en los tres casos, predominan los restos craneales y existe una destrucción preferencial de los elementos distales y de molares.

En general, la fractura de los elementos de TE9 es muy alta, tanto en elementos craneales como postcraneales. Sin embargo, el conjunto de micromamíferos de TE9b presenta tipos de fractura moderados y fuertes, mientras que los de TE9c y TE9a son, mayoritariamente, fuertes y extremos.

Las trazas de digestión identificadas en todos los subniveles denotan predación sobre los restos de micromamíferos. El porcentaje y grado de digestión que manifiestan los tres conjuntos es, en términos generales, muy similar, exceptuando el grado de digestión alcanzado por los incisivos de TE9b.

En cuanto al predador, en los subniveles c y a ha sido posible identificar la presencia de un predador de categoría de alteración general 2. Entre los predadores de esta categoría, el búho real y el cárabo común parecen ser los candidatos más idóneos para ser los predadores que forman estas acumulaciones.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Sin embargo, el autor del conjunto de micromamíferos de TE9b no ha podido ser identificado. Para este conjunto caben dos hipótesis. Por un lado, podría tratarse de un predador de categoría de alteración general 2 con inusual mayor grado de alteración en incisivos.

Por otro lado, cabría considerar la posibilidad de una mezcla de predadores. En esta posible mezcla, y basándonos en las alteraciones mayoritarias observadas, se identificaría un predador de categoría 2 como principal, probablemente el mismo predador de los subniveles TE9c y TE9a. Además de este predador, podría hallarse una puntual presencia de un predador con grados de alteración mayores, reflejados en la baja representación y la extrema digestión en incisivos.

Así, se puede observar que las alteraciones relacionadas con la predación indican una cierta continuidad durante el proceso de formación del nivel TE9.

Entre las alteraciones postdeposicionales que muestran los restos de micromamíferos de TE9 también se hallan muchas similitudes, sobre todo en las alteraciones que afectan a gran parte de los restos. Así, en los tres subniveles abundan las precipitaciones de óxidos de manganeso y las alteraciones blancas por intervención de bacterias. Estas últimas afectan a un porcentaje mayor de restos en TE9a y TE9b mientras que en TE9c predominan los óxidos de manganeso.

Además, en cada uno de los subniveles se han registrado alteraciones por abrasión hídrica y alteraciones relacionadas con los cambios de humedad y desecación, como agrietamientos y concreciones, y alteraciones como la coloración traslúcida, pisoteo y fracturas por presión de sedimentos. No obstante se debe remarcar que el porcentaje de alteración es más elevado en TE9b, a excepción de la alteración blanca por bacterias.

Las diferencias en las alteraciones postdeposicionales de los tres subniveles se dan en alteraciones que afectan a menos de un 2% de los restos. Así, la disolución sólo se ha registrado en TE9b y TE9a, mientras que la corrosión química se presenta en TE9c y TE9b. La meteorización está presente en TE9b y las raíces en TE9a.

De esta manera, los restos de micromamíferos de TE9 y las alteraciones que presentan, indican que la unidad, a pesar de estar subdividida en tres horizontes, posee cierta continuidad diacrónica.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.2. El nivel TE10

El nivel TE10 está formado por bloques y grandes cantos con escasa matriz arcillosa. Los sedimentos que forman este nivel, al igual que los niveles situados por debajo de él, también poseen inclinación hacia el Norte, aunque no alcanzan el ángulo observado en TE9.

Los restos analizados de este nivel pertenecen a 19 muestras de diversos cuadros y profundidades, abarcando la totalidad de la potencia sedimentaria.

9.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

El análisis tafonómico de micromamíferos dirigido a conocer el origen de la acumulación se dividen en tres partes: el estudio de la representación, de la fracturación y del grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles.

9.2.1.1. Representación

El análisis del nivel TE10 comprende 1024 restos. El 82,7% de los restos han sido identificados anatómica y taxonómicamente. El número mínimo de individuos, calculado a través de los restos identificados, asciende a 98 especimenes. Además, se debe tener en cuenta la presencia de un individuo perteneciente a la especie *Castor fiber* representado en la muestra a través del metacarpo II derecho.

En la figura 9.32 se observa que el grupo más numeroso lo constituye los mamíferos (el 59%), representado por los ordenes Rodentia y Eulipotyphla.

En el grupo de los no-mamíferos destacan los anuros y los reptiles escamosos. Este grupo lo completan las pequeñas aves o paseriformes y los salmónidos, que suponen porcentajes de representación mucho menores (Figura 9.32).

El grupo de los roedores, que presenta una baja variabilidad de especies, está compuesto por la especie *Allophaiomys lavocati*, y por el pequeño múrido *Castillomys rivas*. Uno de los individuos pertenecientes a *C. rivas* es senil, puesto que los molares de la mandíbula poseen un acusado desgaste.

El segundo grupo más abundante en cuanto a número mínimo de individuos, es el orden Eulipotyphla. Destaca la especie *Talpa* cf. *europaea*. También se hallan

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

representados *Erinaceus* cf. *europaeus*, *Crocidura* sp., *Sorex* sp. y *Beremendia fissidens* (Figura 9.32).

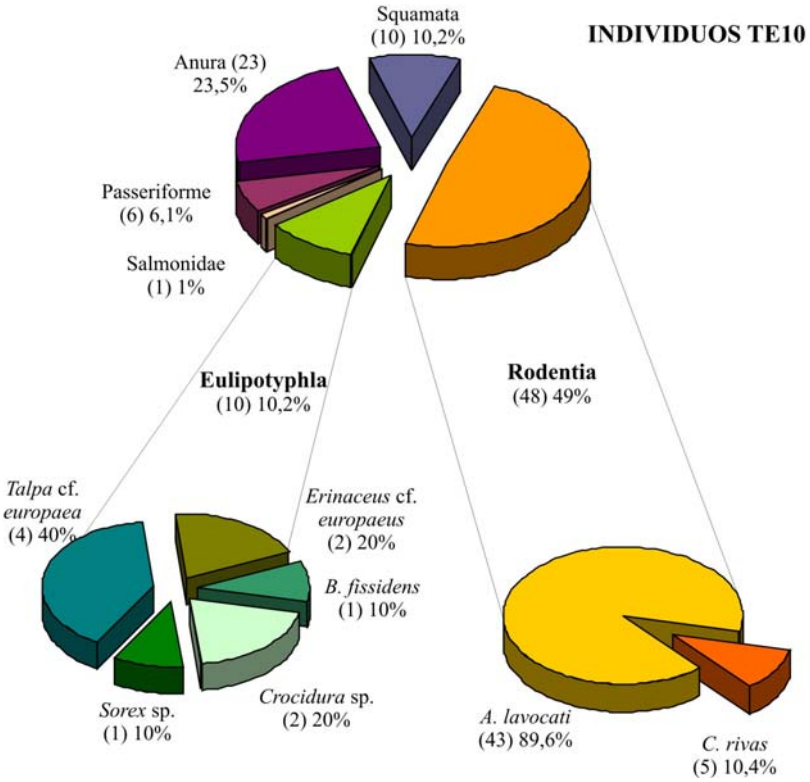

Figura 9.32. Representación gráfica del NMI de TE10. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Consecuentemente el grupo más abundante y mejor representado en TE10 son los pequeños mamíferos. A este grupo pertenecen 681 restos óseos y dentales, de los que el 74,5% se ha determinado el elemento esquelético. Entre estos restos se han recuperado y contabilizado todos los elementos del esqueleto de los micromamíferos, inclusive vértebras, cinturas, autópodos y costillas (Tabla 9.28).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Restos de Mamíferos

Elemento	*n* Rodentia	*n* Eulipotyphla	*%*
Cráneo-Maxilar	28	1	4,3
Mandíbula	34	5	5,7
Molar	151	10	23,6
Incisivo	105	0	15,4
Arco cigomático	11	-	1,6
Húmero	22	6	4,1
Radio	0	4	0,6
Ulna	4	1	0,7
Fémur	25	2	4
Tibia	28	3	4,6
Cintura	13		1,9
Vértebra	38		5,6
Costilla	3		0,4
Autópodo	13		1,9
Indeterminado	174		25,6
Total	681		

Tabla 9.28. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores e insectívoros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TE10.

Los restos de roedor están mejor representados que los de Eulipotyphla (Figura 9.33). El promedio de las abundancias relativas de cada uno de los elementos es del 28,5% para Rodentia y del 14% para Eulipotyphla (Tabla 9.29). Así, entre los restos de roedor las máximas representaciones se hallan en los cráneos-maxilares e incisivos, y las mínimas en las ulnas (Figura 9.33).

Para los insectívoros, el elemento mejor representado es el húmero y la mandíbula, mientras que ulnas, molares y cráneos-maxilares son los elementos que están menos representados (Figura 9.33). Además, y contrariamente a lo sucedido en los anteriores niveles, en las muestras que forman parte del estudio del nivel TE10 las desviaciones estándares de Rodentia y Eulipotyphla presenta valores uniformes y bajos (20 y 9,7 respectivamente), sugiriendo que la representación de los elementos en la muestra es baja aunque homogénea.

Los índices que relacionan los restos postcraneales frente a los craneales revelan un predominio de éstos últimos, tanto si utilizamos el Pc/C como si utilizamos H+F/CMx+Md (Tabla 9.30).

El índice Ms/Av sugiere la existencia de más alvéolos vacíos que molares aislados en la muestra, denotando la pérdida de molares.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Además, el resultado del índice de relación entre los elementos distales y los proximales de las extremidades muestra la existencia de una destrucción de los elementos distales (Tabla 9.30).

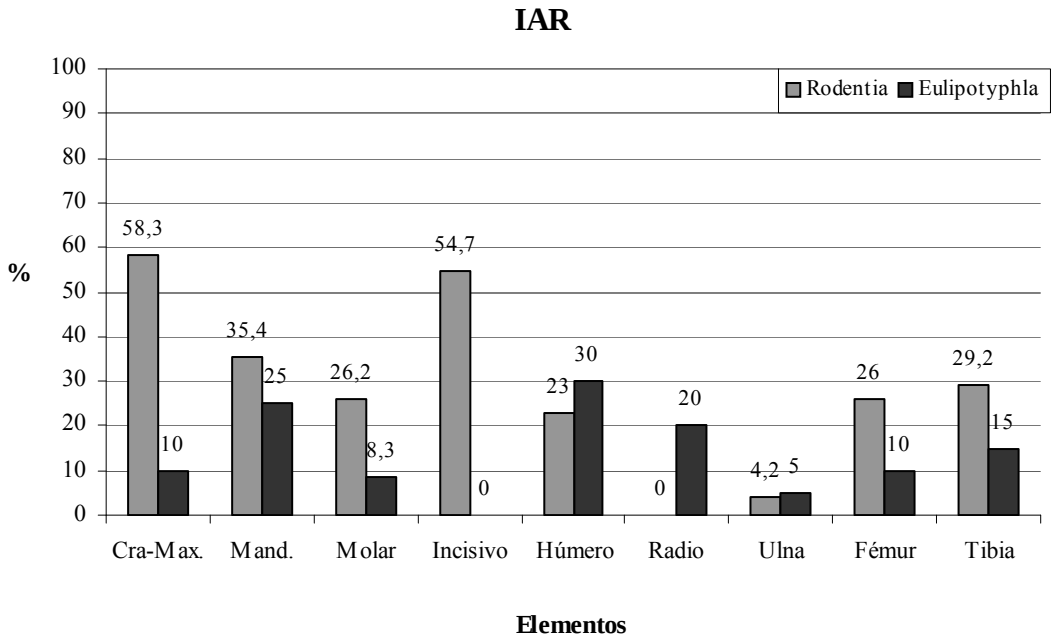

Figura 9.33. Índice de abundancia relativa para los elementos de TE10 según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

	Media aritmética	Desviación estándar
Rodentia	28,5	20
Eulipotyphla	13,7	9,7
Total	26	15,8

Tabla 9.29. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla.

Índices de relación	
Pc/C	0,8
H+F/CMx+Md	0,8
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	0,5

Tabla 9.30. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.2.1.2. Fractura

En los elementos postcraneales destaca el escaso porcentaje de restos completos, siendo, en su totalidad, radios y húmeros de Talpidae. El conjunto de elementos de las extremidades está formado por una mayoría de diáfisis y de epífisis aisladas (Figura 9.34).

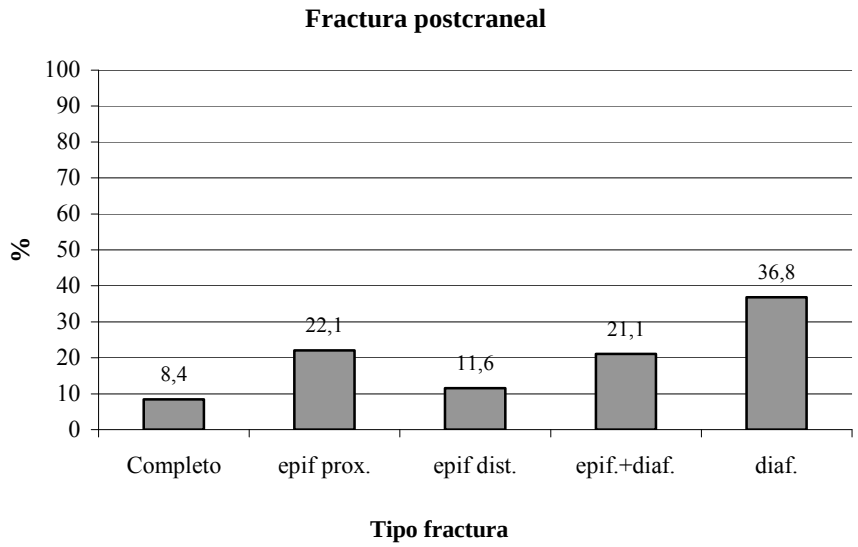

Figura 9.34. Gráfico de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE10. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

Entre la categoría de cráneos-maxilares de Rodentia de las diferentes muestras analizadas de TE10 no existen cráneos y el 69% de los maxilares presenta fracturas extremas (tipo *g*) (Figura 9.35). Sólo un maxilar pertenece al orden Eulipotiphla, estando incluido en el tipo *f*.

Asimismo, si tenemos en cuenta que de los 11 arcos cigomáticos existentes en TE10, el 90,9% permanecen aislados de sus maxilares, se reafirma que el grado de fracturación es muy alto.

Por último, el grado de rotura de las mandíbulas es, en líneas generales, media. La fractura más representativa es el tipo *b* (50% en el caso de los roedores y 100% en el caso de los insectívoros) (Figura 9.36).

Ninguna de las mandíbulas de roedor conserva la rama y el 58,8% presenta el borde inferior roto. Sin embargo el 82,4% de las mandíbulas analizadas conserva

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

intacto el diastema. Entre las mandíbulas de insectívoro, el 80% de los restos analizados presentan la rama mandibular total o parcialmente fragmentada.

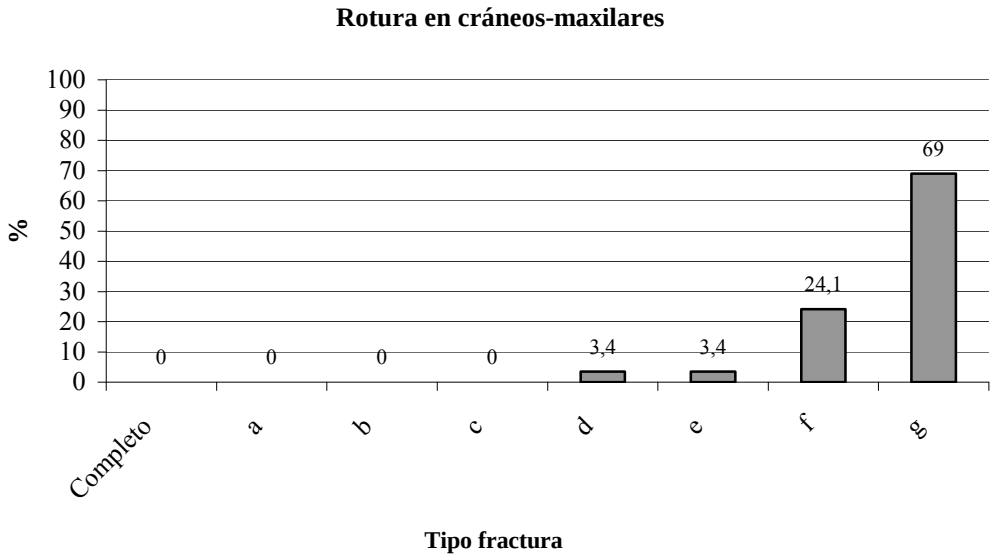

Figura 9.35. Fracturas en los cráneos-maxilares.

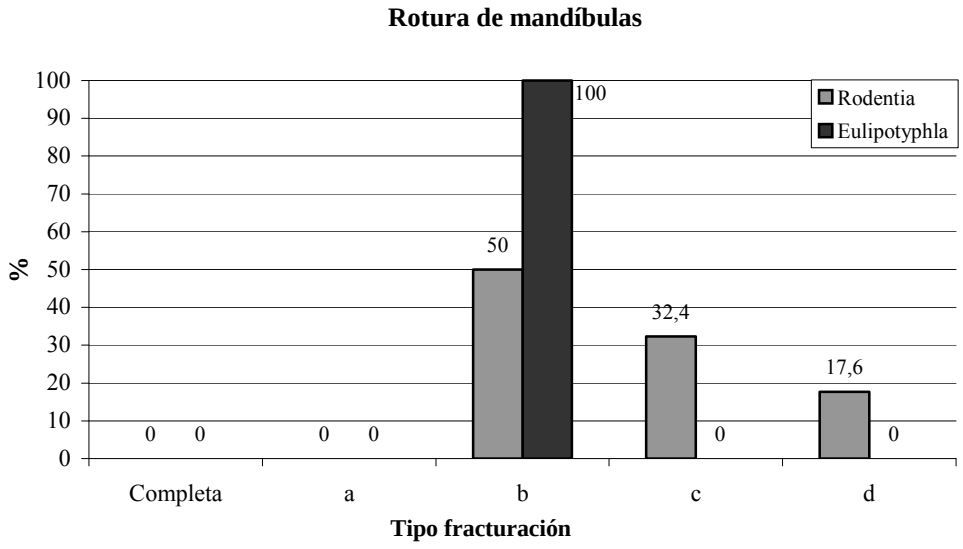

Figura 9.36. Tipos de fractura en las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE10.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los molares de arvicólidos son los que se desprenden con mayor facilidad de sus alvéolos. En cuanto a los incisivos, se observa que desaparecen con mayor facilidad de los maxilares, debido a su porosidad, que de las mandíbulas (Tabla 9.31).

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		Arvicolidae	Muridae	Soricidae	Total	Dientes totales
Cra-Max.	Molares	96,5	33,3	33,3	91,7	93,8
	Incisivos	100	100	100	100	
Man.	Molares	81,2	60,6	60	72,6	75
	Incisivos	78,3	81,8	100	82,1	

Tabla 9.31. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE10. Todos los valores de esta tabla son valores porcentuales.

En cuanto a los dientes de Rodentia, el porcentaje de fractura de los molares es del 3%, mientras que gran parte de ellos están aislados. La mitad de los incisivos están fracturados mientras que casi la totalidad están fuera de sus alvéolos (Tabla 9.32).

Por su parte, los escasos molares de Eulipotyphla hallados en TE10 están en su totalidad enteros y, mayoritariamente, *in situ* (el 80%) (Tabla 9.32).

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	Rodentia		Eulipotyphla	
			n	*%*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	0	0	0	0
		Enteros	37	24,5	8	80
	Aislados	Rotos	4	2,6	0	0
		Enteros	110	72,8	2	20
	Total		151		10	
Incisivos	*In situ*	Rotos	3	2,9	-	-
		Enteros	4	3,8	-	-
	Aislados	Rotos	42	40	-	-
		Enteros	56	53,3	-	-
	Total		105			

Tabla 9.32. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores y molares de insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.2.1.3. Digestión

A pesar de que la digestión no es abundante en TE10, aumenta proporcionalmente, tanto el porcentaje de restos con digestión como el grado de digestión que presentan, respecto a los elementos de los niveles anteriores. El 26% de los restos estudiados presentan trazas de digestión.

No hay ningún molar de insectívoro con digestión y entre los de roedor predomina la ausencia de digestión. Entre los escasos molares digeridos (17%), destaca la digestión en grado ligero, aunque alcanza grados moderados (Tabla 9.33 y Figura 9.37).

En los incisivos, destaca la ausencia de digestión (66%), aunque las alteraciones pueden llegar a alcanzar grados moderados y fuertes (Tabla 9.33 y Figura 9.37).

Entre los dientes, son escasos los molares e incisivos con digestión y en situación alveolar (5%).

Gran parte de los huesos largos de Rodentia presentan digestión ligera (Figura 9.37). Por el contrario, en los restos de insectívoro sólo se ha observado digestión, en grado ligero, en un húmero de *Talpa* cf. *europaea* (Tabla 9.33).

En los elementos postcraneales se ha identificado un ligero adelgazamiento de las paredes de la metáfisis o la diáfisis relacionado con la digestión del elemento (4%). Ello indicaría que una parte de la fractura de los restos se produce antes o durante la digestión.

Digestión

	Molares				*Incisivos*		*Postcraneal*			
	Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Rodentia		Eulipotyphla	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	125	83,3	10	100	53	66,3	20	44,4	15	93,8
Ligera	18	12	0	0	14	17,5	25	55,6	1	6,3
Moderada	7	4,7	0	0	9	11,3	0	0	0	0
Fuerte	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total*	150		10		80		45		16	

Tabla 9.33. Grado de digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE10. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total. *Parte de los elementos han sido desestimados para el estudio de la digestión debido a la fracturación que presentan.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

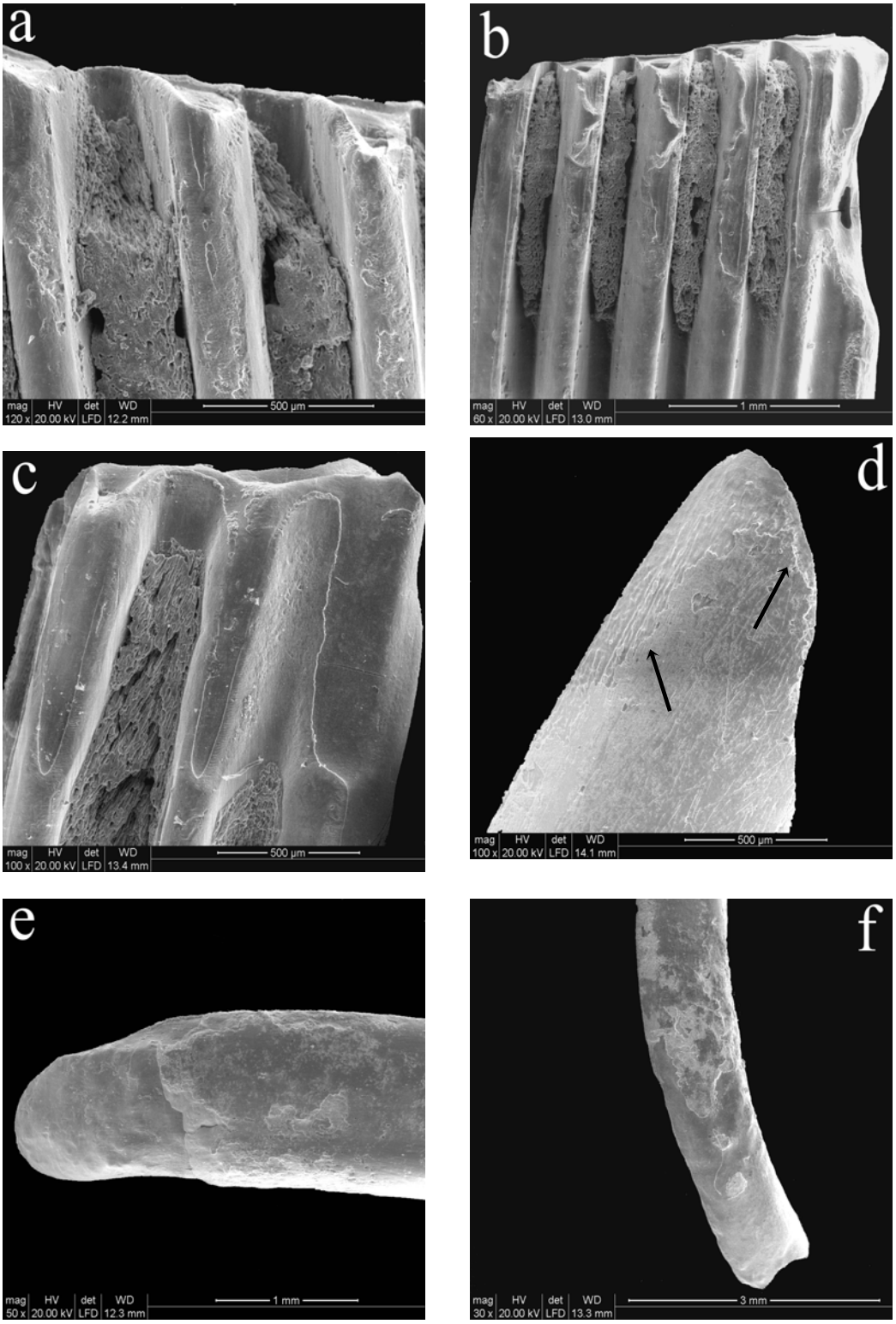

Figura 9.37. Digestión en elementos craneales y postcraneales de TE10. **a**. Digestión ligera en un molar aislado. **b**. Digestión moderada en M_1 **c**. Digestión moderada con tendencia a fuerte en M_2. A pesar de que la dentina se presenta alterada, se mantiene el esmalte en la mitad de las columnas de los vértices. **d**. Digestión ligera en incisivo aislado. **e**. Digestión moderada en la porción extramandiblar de un incisivo superior. **f**. Digestión fuerte en incisivo inferior.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

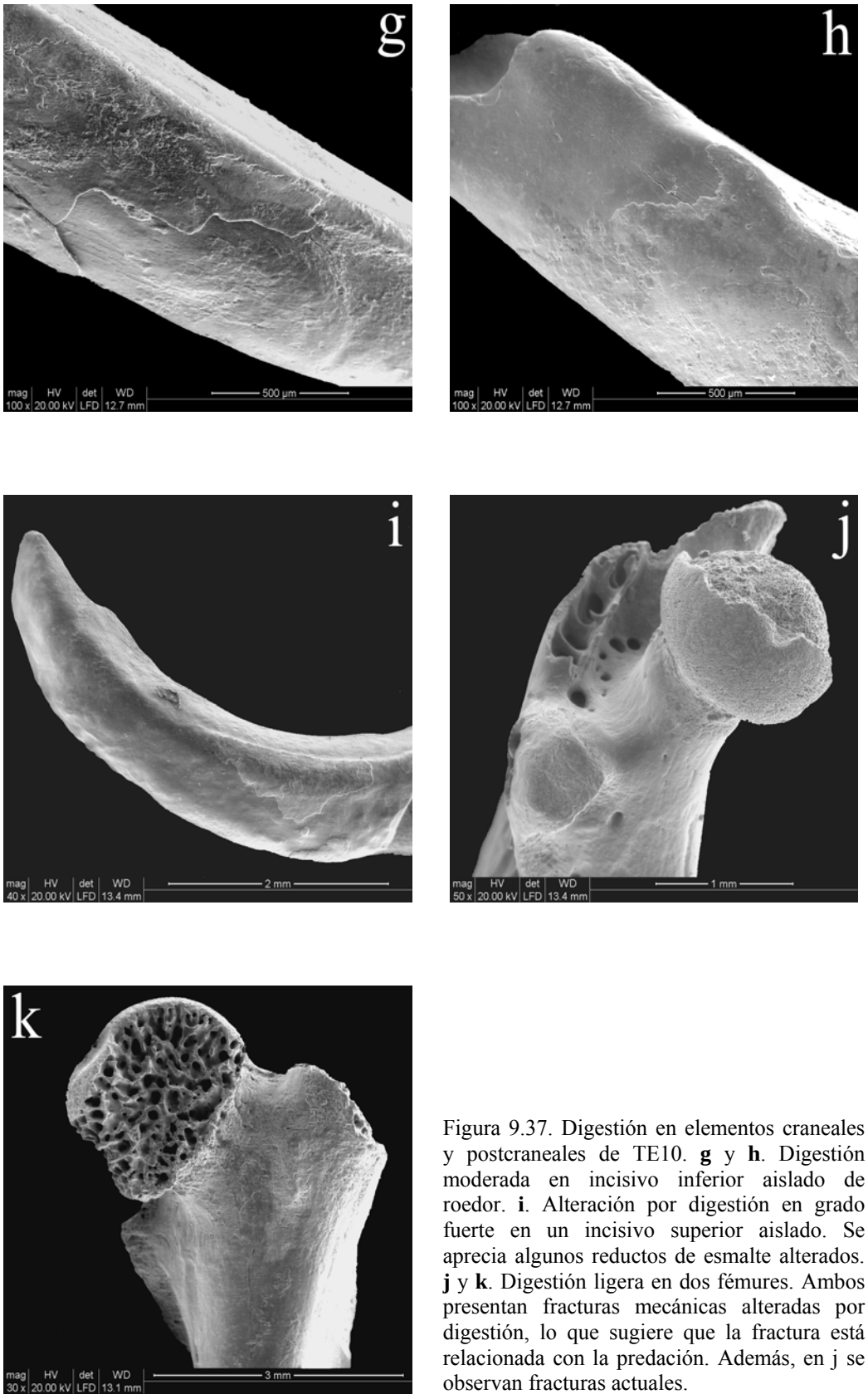

Figura 9.37. Digestión en elementos craneales y postcraneales de TE10. **g** y **h**. Digestión moderada en incisivo inferior aislado de roedor. **i**. Alteración por digestión en grado fuerte en un incisivo superior aislado. Se aprecia algunos reductos de esmalte alterados. **j** y **k**. Digestión ligera en dos fémures. Ambos presentan fracturas mecánicas alteradas por digestión, lo que sugiere que la fractura está relacionada con la predación. Además, en j se observan fracturas actuales.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.2.1.4. Identificación del predador

Los principales rasgos tafonómicos derivados de la predación de los restos de TE10, resumidos en la tabla 9.34, permiten caracterizar este conjunto.

El conjunto de microvertebrados de TE10 se caracteriza por estar formado por un elevado NMI, aunque menor al de TE9. Entre estos individuos destacan los pequeños mamíferos (Tabla 9.34), especialmente los roedores de la familia de los arvicólidos. El índice Ms/Av revela una importante pérdida de molares, por lo que es posible que el NMI estimado para los micromamíferos sea menor al real. Existe, también, un elevado número de anuros.

Resumen de las alteraciones por predación de TE10	
Nº Restos (n)	1024
Identificados (%)	82,7
NMI (n)	99
Roedores (%)	49
Insectívoros (%)	10,2
Media de IAR (%)	26
Desv. estándar de IAR	15,8
Pc/C	0,8
H+F/CMx+Md	0,8
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	0,5
Fractura postcraneal (%)*	8,4
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	91
Pérdida de dientes en maxilares (%)	93,8
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	90
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	75
Fractura dientes (%)■	18,4
Digestión molares (%)+	15,6/Mod.
Digestión incisivo (%)+	33,7/Fue.
Digestión postcraneal (%)+	42,6/Lig.

Tabla 9.34. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE10. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lig.: ligera; Mod.: moderada.; Fue.: fuerte.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los elementos del orden Rodentia y Eulipotyphla con evidencias de digestión indican que parte del conjunto de micromamíferos de TE10 proviene de una agrupación de origen escatológico. Además, la presencia de digestión en un elemento postcraneal de sorícido sugiere que, posiblemente, este grupo fue consumido junto con los roedores por algún predador. Por el contrario, la mandíbula y el diente infantil aislado de *Erinaceus* cf. *europaeus* y los elementos de *Talpa* cf. *europaea* no presentan ninguna alteración por digestión. Además, el grado de fracturación de estos restos es leve. Así, no existe ningún indicio que permita afirmar que los restos de *Talpa* cf. *europaea* y de *Erinaceus* cf. *europaeus* sean fruto de la predación.

El cuanto al predador o predadores del resto de taxones, el porcentaje de molares e incisivos digeridos y el grado de alteración que poseen sugiere que pertenece a la categoría de modificación 3 de D_M y de D_I. En esta categoría se hallan rapaces como el búho manchado (*Bubo africanus*), búho real (*Bubo bubo*), cárabo común (*Strix aluco*) y mochuelo europeo (*Athene noctua*) y algunos vivérridos.

Por su parte, el porcentaje de elementos postcraneales alterados parece señalar que el predador se halla entre las especies que forman la categoría 2 de modificación D_P. En esta categoría se halla al búho manchado, al búho real y al cárabo común.

Tal y como se ha observado, los grados y porcentajes de digestión de los diferentes elementos estudiados son muy homogéneos e indican la participación de un mismo grupo de predadores. Esta característica podría indicar la aportación de un sólo predador mayoritario al conjunto estudiado. No obstante, no ha sido posible observar si esta uniformidad también se da en los grados de fractura y representación, ya que parte de estas modificaciones no mantienen relación con la predación, sino que tienen un origen postdeposicional.

Así, las categorías de alteración identificadas mediante la digestión de los diferentes elementos anatómicos señalan la intervención de unas mismas rapaces. Según la digestión, los posibles predadores pueden ser: búho manchado, al búho real y al cárabo común.

Las alteraciones en rotura y representación de los conjuntos de micromamíferos producidas por estos predadores son semejantes, dificultando la diferenciación de sus conjuntos. Sin embargo, el grado general de fractura que infringe el cárabo común en sus concentraciones de micromamíferos es mayor al que realiza búho real, que a la vez, es mayor al que realiza el búho manchado o africano en sus concentraciones. En el conjunto de TE10 se ha detectado una parte de la fractura en los huesos largos relacionada directamente con la digestión. Sin embargo, los restos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

afectados son pocos. Además, los agentes de carácter postdeposicional modifican considerablemente el grado de fractura de la muestra de TE10, dificultando la identificación de las roturas directamente relacionadas con la predación.

En los dientes estudiados ha sido posible observar un alto porcentaje de digeridos en situación extralvéolar. Ello sugiere una relación entre la digestión y el desprendimiento del diente digerido. Al mismo tiempo, el índice Ms/Av sugiere la pérdida de molares. De esta manera, son escasas las mandíbulas y maxilares que se destruyen y favorecen el aislamiento de los dientes. Por lo tanto, sería posible asignar el desprendimiento de los dientes digeridos al efecto de la digestión. Sin embargo, los grados de pérdida de dientes por efectos de la predación de los tres candidatos no presentan diferencias sustanciales, lo que no permite discernir entre unos y otros predadores.

A pesar de que los restos fracturados son abundantes y los grados son fuertes, la fractura general de TE10 es menor a la observada en TE9. En el nivel que nos concierne, existe un mayor número de diáfisis, un mayor número de maxilares en tipos de fractura d y e, así como más mandíbulas con fracturas de tipo b. Asimismo, el índice de relación entre elementos craneales y postcraneales es más equitativo que en TE9 y existe una menor pérdida de molares. Sin embargo, todas estas alteraciones en la representación y fractura de la muestra podrían tener mayor relación con los efectos postdeposicionales que con la actividad del predador. Así, actualmente, no es posible discernir qué predador entre los tres candidatos expuestos (búho manchado, al búho real y al cárabo común) es el autor de la acumulación de TE10. Posiblemente, tras las comparación con otros conjuntos fósiles, en la discusión diacrónica de los niveles inferiores de Sima del Elefante, se podrá concretar al predador.

9.2.2.- Alteraciones postdeposicionales

A continuación del estudio e interpretación de la representación, fractura y digestión, se describen las alteraciones postdeposcionales observadas en la superficie de los elementos. En general, en TE10, no son muy abundantes las alteraciones de carácter postdeposicionales. Además, suelen presentar valores porcentuales muy bajos. Ninguna de las modificaciones presenta algún tipo de selección de elementos y especies representadas. La coloración general de la muestra presenta tonos castaños más claros que en los niveles anteriores, tendiendo al beis.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La mayor parte de los restos están afectados por la precipitación de óxido de manganeso (71%) (Figura 9.38). La precipitación de color negro se presenta de forma aislada y dispersa en proporciones muy semejantes (Tabla 9.35).

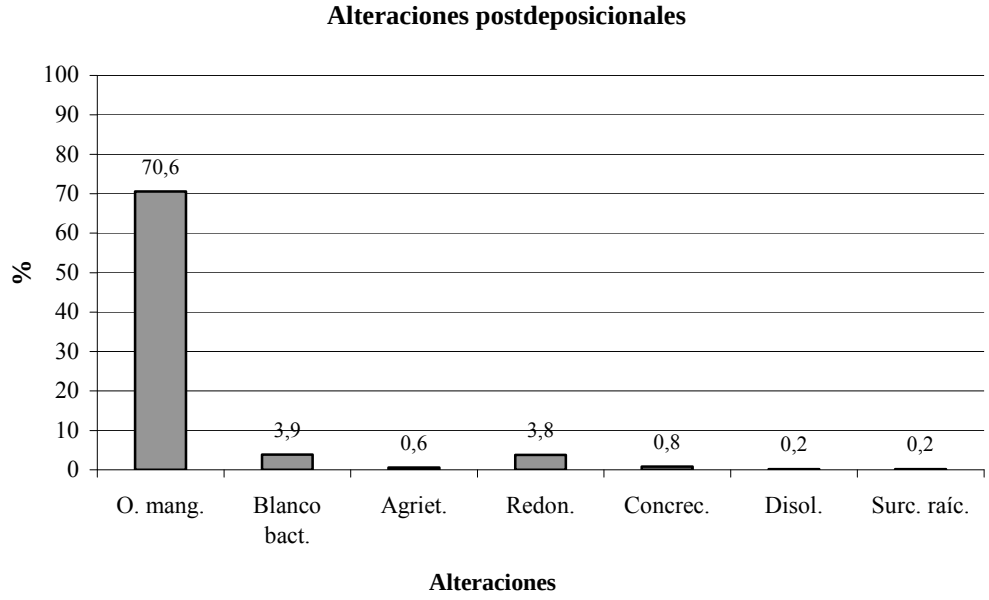

Figura 9.38. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE10. O. mang.: óxidos de manganeso; Blanco bact.: blanco por intervención de bacterias; Agriet.: agrietamientos; Redon.: redondeamientos; Concrec.: concreciones; Disol.: disoluciones; Surc. raíc.: surcos por raíces.

Óxido de manganeso	
Disposición	*%*
Aislado	36,7
Disperso	37,9
Concentrado	18,3
Generalizado	7,1

Tabla 9.35. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos. %: valor porcentual respecto al total de restos alterados por manganeso.

La alteración postdeposicional mayoritaria en los restos después de los óxidos de manganeso son las corrosiones blancas. Sin embargo, el porcentaje de fósiles afectados es mucho menor (3,9%) (Figura 9.38). No existe superposición entre las alteraciones blancas por bacterias y los óxidos de manganeso a pesar de que ambas pueden estar presentes en un mismo elemento.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Existe un 3,8% de restos que presentan los bordes de fractura redondeado en grados muy ligeros (Figuras 9.38 y 9.39).

El 0,8% de los restos poseen concreciones, una parte considerable de ellos en el interior de las diáfisis (Figura 9.38).

Las estriaciones están presentes en el 0,6% de los restos. Estas estrías son, generalmente, muy finas y carentes de profundidad (Figura 9.38).

La disolución y las alteraciones derivadas de la acción de raíces se muestran en un sólo resto, siendo el 0,2% del total de los restos (Figura 9.38).

Algunos restos de TE10 presentan elevados grados de fractura en cráneos, maxilares, mandíbulas y elementos distales. Esta fractura podría estar relacionada con el pisoteo, puesto que en algunos restos se han detectado pequeñas estrías superficiales.

Además de estas alteraciones postdeposicionales detectadas en la superficie de los restos de micromamíferos de TE10, se ha hallado un diente de lagomorfo con evidencias de corrosión local.

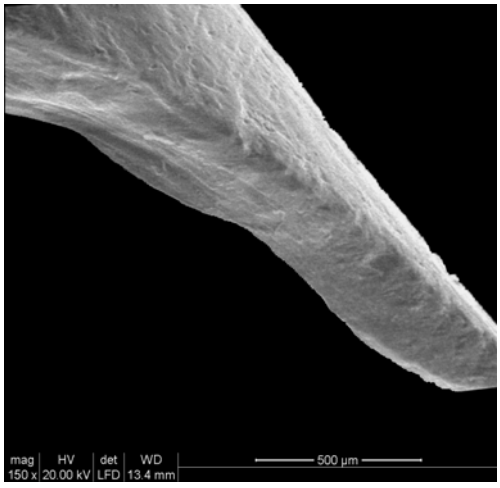

Figura 9.39. Redondeamiento en un fragmento diafisal de TE10.

Estas alteraciones postdeposicionales permiten identificar algunos de los agentes y procesos de alteración acaecidos tras la deposición de los restos. Así, la aparición de la alteración blanca en la superficie de los restos indica que estuvieron en contacto con las bacterias relacionadas con el entorno de las aves y sus residuos. Se debe tener un cuenta que esta alteración afecta a un porcentaje mucho menor de restos que en los subniveles de TE9.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La conservación de autópodos, vértebras y maxilares, aunque, estos últimos, reducidos a estadios mínimos de fractura, en TE10 podría indicar que el pisoteo se produjo mientras los elementos estaban albergados en las egagrópilas. No obstante, estas fracturas también podrían tener relación con la presión ejercida por los sedimentos. Los desplazamientos, deformaciones y rupturas sedimentarias favorecen la fracturación de los restos. A pesar de que no ha sido posible realizar evaluaciones precisas sobre el grado de influencia de estas alteraciones en los elementos de micromamíferos de TE10, se estima que estos agentes provocan gran parte de las fractura registradas en este subnivel.

Existe representación de surcos por raíces en la superficie de un resto, indicando que una parte de los restos estaban depuestos en un horizonte donde la cobertura vegetal era posible. Este proceso puede darse tanto dentro como fuera de la cavidad. Sin embargo, la morfología del yacimiento y la estructura sedimentaria no evidencian la posibilidad de una apertura durante la formación de TE10.

Las alteraciones por redondeamiento se deben al transporte hasta el lugar de deposición, mientras que los escasos agrietamientos podrían indicar cambios de temperatura y humedad una vez ya están depositados en la cavidad.

En TE10 existe un elevado número de restos afectados por óxidos de manganeso sugiriendo la existencia de un ambiente húmedo y, probablemente, la actividad de bacterias. Recordemos que estas bacterias son diferentes a las que atacarían a los restos mientras estuvieran recubiertos por materia orgánica. La presencia de óxidos de manganeso dentro de fracturas y de agrietamientos podría indicar que las fracturas y los cambios de humedad y temperatura fueron anteriores a la aparición de manganesos.

Algunos fósiles poseen concreciones y disoluciones, indicando un ambiente húmedo con goteo alternado con momentos de desecación dentro de la cavidad.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.3. El nivel TE11

La unidad TE11, compuesta por cantos blandos de margas, posee inclinación hacia el Norte, aunque con un ángulo menor al observado en los niveles inferiores a éste. Los restos analizados de TE11 pertenecen a 12 muestras de diversos cuadros y profundidades, abarcando la totalidad de la potencia sedimentaria.

9.3.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

El análisis tafonómico de las asociaciones de micromamíferos se inicia con el estudio de la representación, la fracturación y el grado de digestión de los elementos esqueléticos.

9.3.1.1. Representación

El conjunto fósil del nivel 11 de la Sima del Elefante es el que presenta menor número de restos de todos los estudiados en este yacimiento (448 restos). De este conjunto, el 80,4% son determinables a nivel anatómico y/o taxonómico.

Según el número mínimo de individuos (NMI), estos restos pertenecen a 25 ejemplares de dos grandes grupos. Por un lado, el grupo de los no-mamíferos, que constituye el 48% de la muestra y donde se reúnen tres ordenes: Anura, Squamata y Passeriforme. Por otro lado, se halla el grupo de los mamíferos, al que pertenecen el 52% de los individuos. En él se hallan el orden Rodentia y el Eulipotyphla (Figura 9.40).

Los roedores presentan baja variabilidad de especies, puesto que únicamente se han hallado individuos pertenecientes a dos familias: el arvicólido *Allophaiomys lavocati* y el múrido *Castillomys rivas* (Figura 9.40).

Por su parte, los insectívoros están presentes a través de tres especies: *Talpa* cf. *europaea*, *Beremendia fissidens* y *Erinaceus* cf. *europaeus* (Figura 9.40).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

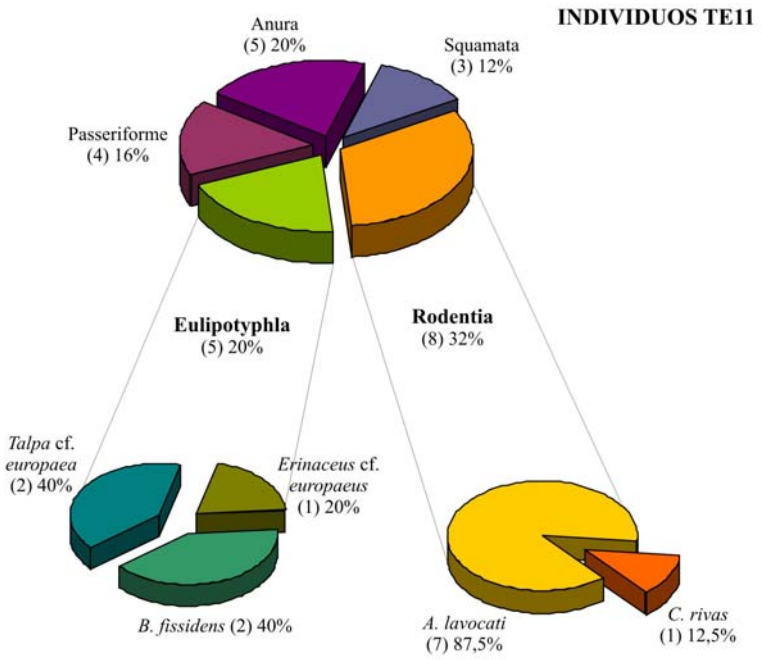

Figura 9.40. Representación gráfica del NMI de TE11. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Según el NMI resultante, el grupo más abundante y con mejor representación son los pequeños mamíferos. A este grupo pertenecen 226 restos fósiles, de los que el 62% son identificables anatómicamente. Entre estos restos se han recuperado todos los elementos del esqueleto de los micromamíferos, incluyendo autópodos, vértebras, cinturas pélvicas, cinturas escapulares y costillas (Tabla 9.36).

Restos de Mamíferos

Elemento	*n* Rodentia	*n* Eulipotyphla	%
Cráneo-Maxilar	9	1	4,4
Mandíbula	13	0	5,8
Molar	21	1	9,7
Incisivo	15	0	6,6
Arco cigomático	6	-	2,7
Húmero	1	7	3,5
Radio	0	3	1,3
Ulna	2	1	1,3
Fémur	13	2	6,6
Tibia	10	2	5,3
Cintura	4		1,8
Vértebra	10		4,4
Costilla	2		0,9
Autópodo	18		8
Indeterminado	85		37,6
Total	226		

Tabla 9.36. Número de elementos anatómicos (n) de Rodentia y Eulipotyphla, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TE11.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los restos del orden Rodentia muestran una mejor representación general que los restos del orden Eulipotyphla (Figura 9.41). El promedio de la abundancia relativa de elementos de Rodentia es de 47,2% y la desviación típica es de 39,6 (Tabla 9.37). Este dato indica la existencia de una gran variabilidad en la representación de los diferentes elementos. Un ejemplo de ello es la sobrerepresentación de cráneos-maxilares y la alta representación de mandíbulas y fémures, en contraste con la baja representación de los húmeros y la ausencia total de radios (Figura 9.41).

Los elementos de Eulipotyphla poseen un promedio de representación del 19,1% y los valores que muestra la desviación estándar son altos (21,9), indicando que la baja representación está asociada a una gran heterogeneidad en las representaciones de los diferentes elementos esqueléticos (Tabla 9.37). Así pues, se puede observar la buena representación observada en los húmeros (mayoritariamente de *Talpa* cf. *europaea*), en contraste con la baja representación de molares y la ausencia de mandíbulas e incisivos (Figura 9.41).

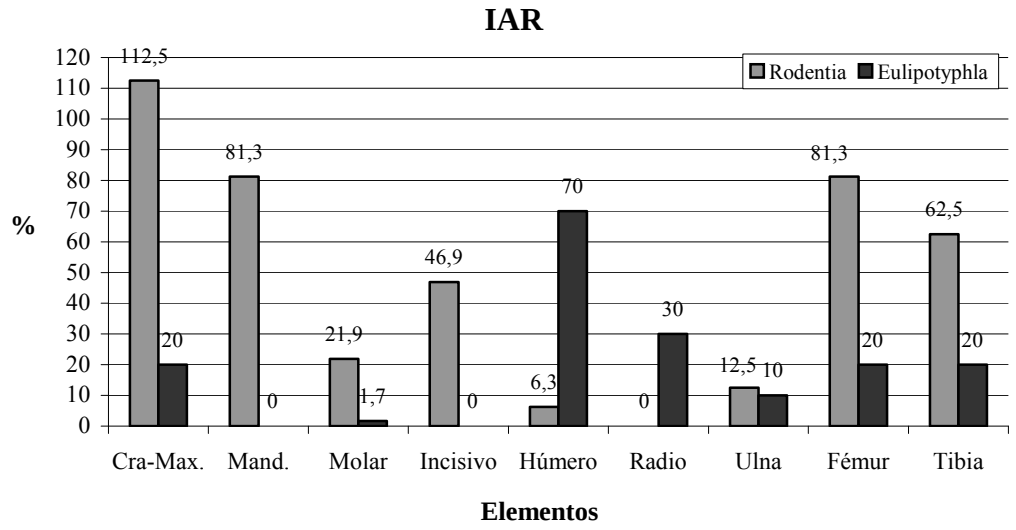

Figura 9.41. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE11 según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

	Media aritmética	Desviación estándar
Rodentia	47,2	39,6
Eulipotyphla	19,1	21,9
Total	36,4	22,9

Tabla 9.37. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En las muestras que constituyen TE11 los índices de relación entre los elementos craneales y postcraneales muestran ciertas variaciones dependiendo del índice que se utilice (Tabla 9.38). Según el índice Pc/C, predominan los restos postcraneales por encima de los craneales, mientras que, el segundo índice, H+F/CMx+Md, muestra una gran analogía entre ambos grupos de elementos. El alto valor ofrecido por Pc/C se debe a que este índice utiliza, junto con los maxilares y las mandíbulas presentes, los molares aislados, que son muy abundantes en TE11, en relación a los elementos postcraneales. Este hecho provoca que, en este caso, el índice Pc/C no sea tan representativo como el índice H+F/CMx+Md.

A pesar de la abundancia de molares aislados descrita, el índice Ms/Av, indica que existen más alvéolos vacíos que molares aislados, por lo que existe una pérdida preferencial de estos dientes en la muestra estudiada (Tabla 9.38).

En cuanto al postcraneal, existe un claro predominio de los elementos proximales de las extremidades (índice R+T/H+F, Tabla 9.3).

Índices de relación	
Pc/C	1,9
H+F/CMx+Md	1
R+T/H+F	0,7
Ms/Av	0,1

Tabla 9.38. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

9.3.1.2. Fractura

Los análisis realizados en referencia al grado de fracturación presente en los restos postcraneales muestran valores altos. Sin embargo, el conjunto de TE11 posee el mayor porcentaje de elementos completos (18%) de los niveles estudiados de Sima del Elefante. La mayoría de la muestra está compuesta por epífisis (Figura 9.42).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

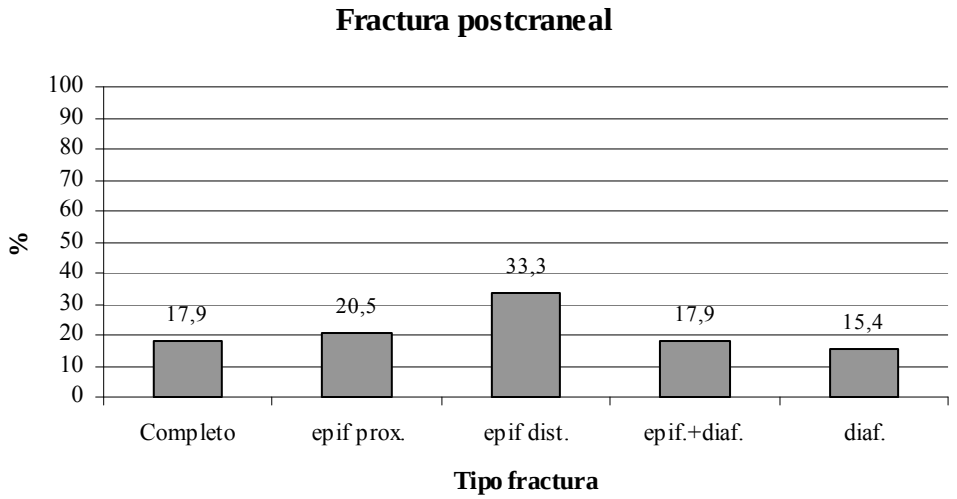

Figura 9.42. Gráfico de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE11. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

En los cráneos y maxilares no se ha identificado ningún elemento entero. Además, en los maxilares, no se han registrado tipos de fracturas mínimas (tipo *d*) o medias (tipo *e*). La mayor parte de los elementos presentan fracturas de tipo *g* o extremas (Figura 9.43). El único maxilar perteneciente al orden Eulipotyphla, muestra fractura de tipo *f*. Todos los arcos cigomáticos de la muestra están aislados de sus pertinentes maxilares.

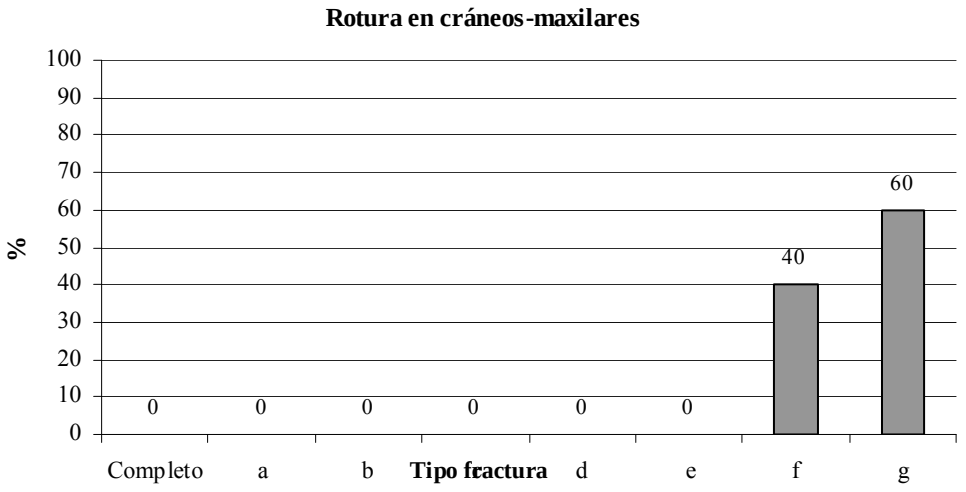

Figura 9.43. Tipología de fractura de los cráneos-maxilares de TE11.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En TE11, todas las mandíbulas recuperadas pertenecen a roedores. Ninguna ha aparecido completa o con grado de fractura de tipo *a*. Los tipos de fractura registrados (*b*, *c* y *d*) presentan valores similares (Figura 9.44).

La totalidad de las mandíbulas analizadas han perdido la rama mandibular, y el 69,2% presenta el borde inferior roto.

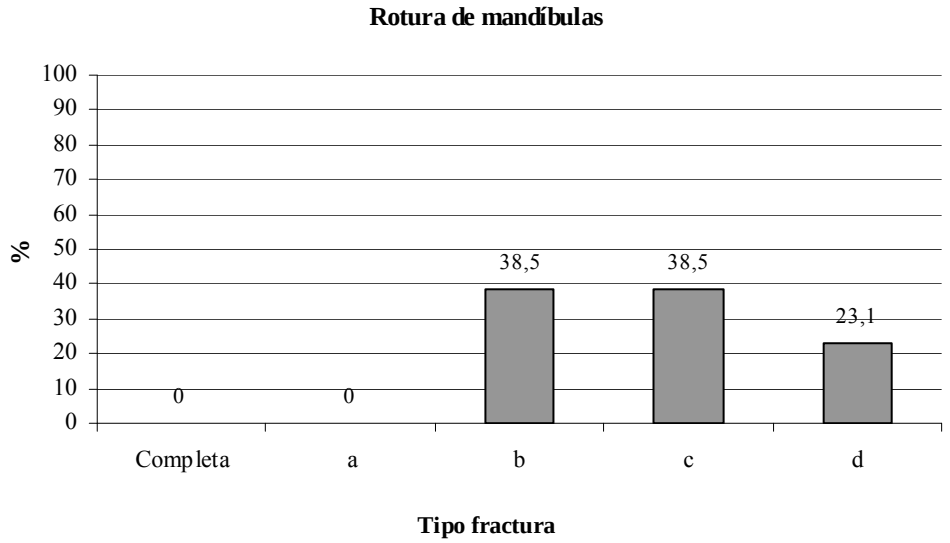

Figura 9.44. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE11.

En la tabla 9.39 se observa que los incisivos se desprenden con más facilidad de los alvéolos que los molares. El porcentaje de molares e incisivos perdidos en el maxilar es mayor que en las mandíbulas (Tabla 9.39). Al contrario de lo que sucede en el resto de niveles ya descritos, en TE11 la perdida de dientes en la mandíbula es mayor para los ejemplares pertenecientes a la familia de los múridos que para los arvicólidos.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		Arvicolidae	Muridae	Soricidae	Total	Dientes totales
Cra-Max.	Molares	97,6	83,3	66,7	94,1	95,6
	Incisivos	100	100	100	100	
Man.	Molares	70,8	73	-	71,8	73,1
	Incisivos	75	80	-	77	

Tabla 9.39. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE11. Todos los valores de esta tabla son valores porcentuales.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

No existen molares de roedor rotos. Los porcentajes de molares *in situ* y aislados son similares (Tabla 9.40). Por su parte, los incisivos muestran un porcentaje de fractura del 46,7% y de aislamiento del 80%, siendo coherente con el elevado número de alvéolos vacíos en maxilares y mandíbulas. Entre las piezas dentarias de TE11 sólo se ha contabilizado un molar de insectívoro, que está entero y en posición alveolar.

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	Rodentia		Eulipotyphla	
			n	*%*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	0	0	0	0
		Enteros	10	47,6	1	100
	Aislados	Rotos	0	0	0	0
		Enteros	11	52,4	0	0
	Total		21		1	
Incisivos	*In situ*	Rotos	1	6,7	0	0
		Enteros	2	13,3	0	0
	Aislados	Rotos	6	40	0	0
		Enteros	6	40	0	0
	Total		15		0	

Tabla 9.40. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores e insectívoros de TE11. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

9.3.1.3. Digestión

Se han hallado trazas de digestión en 26 restos del nivel TE11 (36%). La digestión se presenta únicamente sobre los roedores. Las alteraciones afectan mayoritariamente a incisivos y postcraneal (Tabla 9.41).

En los molares de roedor predomina la ausencia de digestión, aunque existe un pequeño porcentaje de molares alterados en grado ligero y moderado (Tabla 9.41 y Figura 9.45).

Entre los incisivos digeridos (67%) prevalece el grado ligero (Figura 9.45). El mayor grado de alteración alcanzado es el moderado (Tabla 9.41).

El 64% de los restos postcraneales de roedor están digeridos. Predomina la digestión en grado ligero, aunque alcanza grados moderados (Tabla 9.41 y Figura 9.45).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Digestión

	Molares				*Incisivos*		*Postcraneal*			
	Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Rodentia		Eulipotyphla	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	17	80,9	1	100	4	33,3	8	36,4	14	100
Ligera	3	14,3	0	0	7	58,3	13	59,1	0	0
Moderada	1	4,8	0	0	1	8,3	1	4,5	0	0
Fuerte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total*	21		1		12		22		14	

Tabla 9.41. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de roedores e insectívoros de TE11. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total. * El 10,3% de los restos han sido desestimados para el estudio de la digestión debido al grado de rotura que presentan y/o situación de la misma.

A pesar de que el estudio tafonómico de los lagomorfos y aves de Sima del Elefante no se realiza de forma sistemática en esta Tesis Doctoral, se ha observado digestión en dos dientes de lepórido (en grado ligero y grado fuerte) y un autópodo de ave (Figura 9.45).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

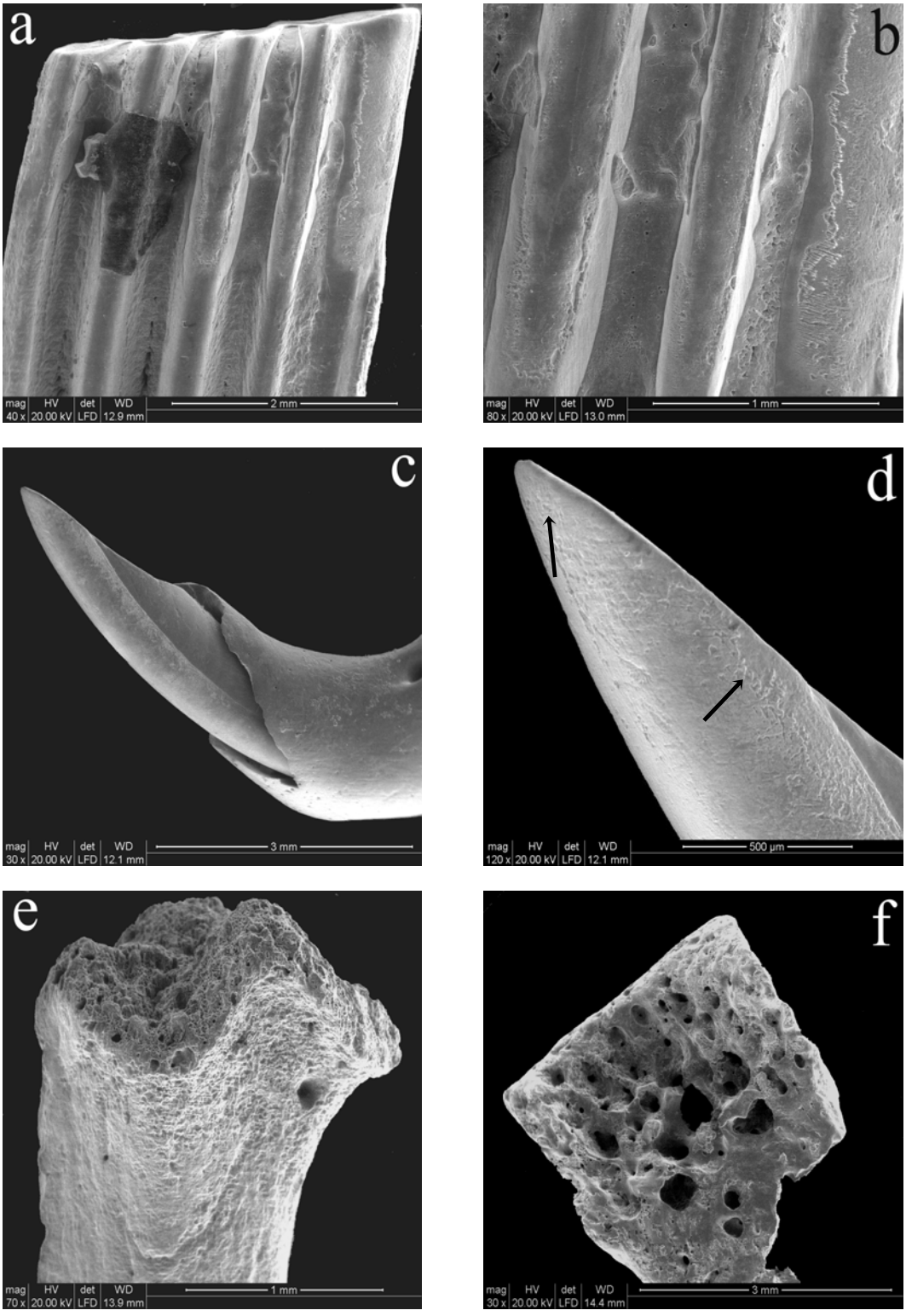

Figura 9.45. Alteraciones por digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de TE11. **a**. Digestión moderada en M_1 de *A. lavocati*. **b**. Detalla de la alteración en las columnas. **c**. Incisivo *in situ* con digestión ligera. **d**. Detalle de la pérdida de esmalte. **e**. Digestión moderada en la metáfisis de un húmero. **f**. Digestión en un autopodo de ave.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.3.1.4. Identificación del predador

El estudio de las alteraciones derivadas de la predación permite caracterizar el conjunto de micromamíferos desde un punto de vista tafonómico. Los principales rasgos se resumen en la tabla 9.42.

Resumen de las alteraciones de TE11	
Nº Restos (n)	448
Identificados (%)	80,4
NMI (n)	25
Roedores (%)	32
Insectívoros (%)	20
Media de IAR (%)	36,4
Desv. estándar de IAR	22,9
Pc/C	1,9
H+F/CMx+Md	1
R+T/H+F	0,7
Ms/Av	0,2
Fractura postcraneal (%)*	17,9
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	95,6
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	100
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	73,1
Fractura dientes (%)■	18,9
Digestión molares (%)+	18,2/Mod.
Digestión incisivo (%)+	66/Mod.
Digestión postcraneal (%)+	38,9/Mod.

Tabla 9.42. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE11. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada.

El conjunto de microvertebrados de TE11 se caracteriza por presentar el menor NMI de la secuencia inferior de la Sima del Elefante. Son importantes los pequeños mamíferos entre los individuos contabilizados, aunque no muestran el predominio del resto de niveles estudiados (Tabla 9.42). Entre los roedores, destacan los arvicólidos,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

mientras que las familias del orden Eulipotyphla mantienen una buena proporción de representación.

El índice Ms/Av señala una importante pérdida de molares, por lo que posiblemente el NMI estimado para los micromamíferos sea inferior al real.

Los restos fósiles de roedor de TE11 con evidencias de digestión indican que parte del conjunto de micromamíferos proviene de una agrupación originada por la actividad biológica de un predador. Por el contrario, no existe ningún rastro de digestión en los elementos craneales y postcraneales de *Erinaceus*, *Talpa* y *Beremendia*, lo que no permite asegurar que estos individuos fueran predados. Esta ausencia de digestión sugiere dos hipótesis para estos taxones: o bien la digestión no ha dejado ninguna alteración superficial en estos individuos, o bien su presencia se debe a intrusiones naturales diversas, como trampas o madrigueras.

En cuanto a los roedores, los dientes modificados por digestión muestran unos porcentajes y grados de alteración que señalan la intervención de un predador de categoría 3 de alteración de D_M y de D_I. El búho manchado (*Bubo africanus*), el búho real (*Bubo bubo*), el cárabo común (*Strix aluco*), el mochuelo europeo (*Athene noctua*) y algunos vivérridos conforman el grupo de predadores de esta categoría de alteración. El elevado porcentaje de incisivos digeridos podría descartar la posibilidad de la intervención de un vivérrido en el conjunto de TE11. Además, la digestión de los molares y los incisivos alcanzan grados moderados, siendo alteraciones comunes del búho real. Esta rapaz podría ser, entre las nombradas, la candidata propuesta, a la espera de la confirmación del resto de parámetros del estudio tafonómico.

El 63% de los elementos postcraneales de roedor están alterados por digestión, señalando que el predador se halla en la categoría 2 o 3. En el primer grupo, que digieren cerca del 50% de los restos, se halla al búho real, búho manchado y cárabo común. Por su parte, la categoría de alteración 3 agrupa predadores que digiere entre el 60 y el 100% de los restos. En esta categoría se encuentra al mochuelo europeo, cernícalo común (*Falco tinnunculus*) y aguilucho pálido (*Circus cyaneus*). El porcentaje de huesos largos alterados por digestión se sitúa en el límite de las dos categorías. Un predador de categoría 3 de D_P altera aproximadamente un 70% de molares e incisivos, alcanzando grados fuertes y extremos. Puesto que no se observan estos porcentajes y grados de alteración en los dientes de TE11, se valora la posibilidad de que el predador sea una rapaz de la categoría 2 de alteración D_P con un porcentaje de alteración de huesos mayor al esperado.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Un sólo incisivo muestra claras evidencias de haber estado digerido en situación alveolar a pesar de hallarse, actualmente, aislado. Además, no se han observado digestiones en bordes de fracturas.

Los grados de digestión de los diferentes elementos estudiados presentan cierta homogeneidad que podría indicar la aportación de un predador mayoritario al conjunto estudiado. La diferencia observada en el porcentaje de digestión de los elementos postcraneales respecto el patrón puede ser atribuida a las diferencias existentes en las variables de un mismo individuo.

Así, las categorías de alteración identificadas a través de la digestión de los diferentes elementos anatómicos señalan a la intervención de unas mismas rapaces. Según la digestión, los candidatos a posibles predadores son búho manchado, búho real y cárabo común, aunque el grado de digestión de los dientes sugiere que el búho real pueda ser el autor de la acumulación.

En cuanto a la rotura y representación, las candidatas propuestas suelen realizar alteraciones similares en los conjuntos de micromamíferos. A pesar de ello, el grado general de fractura que infringe el cárabo común en sus concentraciones de micromamíferos es mayor al que realiza búho real y el búho manchado o africano. En TE 11 abundan los restos fracturados. Además, los grados de rotura que presentan son fuertes. Sin embargo, la fractura general de este conjunto es menor a la observada en TE9 y muy similar a la de los restos de TE10. Asimismo, y como en los niveles ya estudiados, los agentes de carácter postdeposicional modifican considerablemente el grado de fractura de la muestra de TE11. Ello dificulta la identificación de las roturas directamente relacionadas con la predación.

En la totalidad de elementos fósiles de TE11 se han registrado diversos elementos pertenecientes a lepóridos. Estos restos, mayoritariamente postcraneales y muy fragmentados, pertenecen a dos individuos adultos (Huguet, 2007). En las muestras estudiadas se han identificado varios molares aislados y distintas falanges. En la superficie de los molares ha sido posible evidenciar alteraciones por digestión en grados ligeros y fuertes. Además, se debe destacar la digestión en un pequeño resto de ave paseriforme. Estas digestiones podrían corroborar la hipótesis de la intervención de un predador como el búho real, puesto que frecuentemente incluye en su dieta a lagomorfos y aves.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.3.2. Alteraciones postdeposicionales

En esta parte del estudio tafonómico se describen las alteraciones postdeposcionales halladas en la superficie de los elementos de TE11. Se han identificado en la superficie de los restos de TE11 pocas alteraciones de origen postdeposicional. Además, el porcentaje de afección de cada una de las modificaciones es, generalmente, bajo.

La alteración de carácter postdeposicional que más aparece en TE11 es la precipitación de óxidos de manganeso (Figura 9.46). El 75% de los restos estudiados muestran tinciones de color negro sobre la superficie. Esta alteración se distribuye mayoritariamente en la superficie de los restos de forma dispersa y aislada (Tabla 9.43).

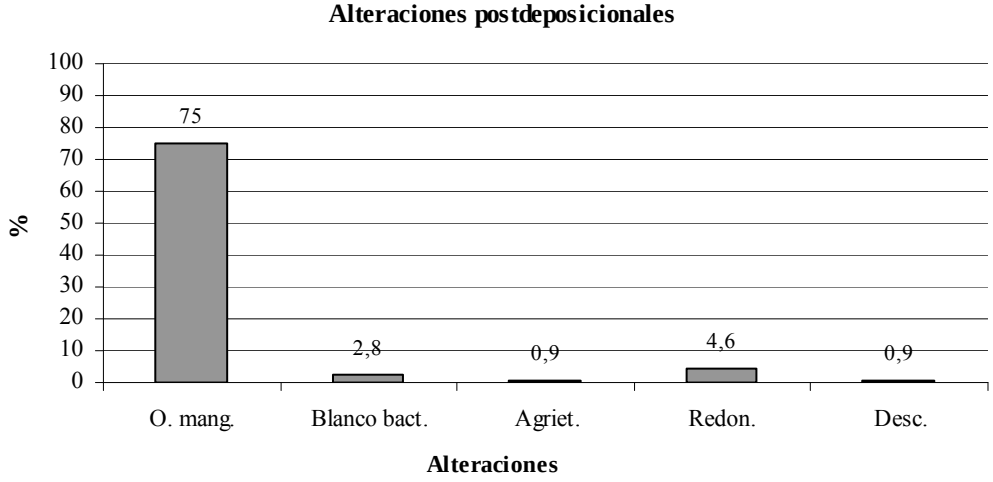

Figura 9.46. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE11. O. mang.: óxidos de manganeso; Blanco bact.: blanco por intervención de bacterias; Agriet.: agrietamientos; Redon.: redondeamiento; Desc.: descamaciones.

Óxido de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	32,1
Disperso	59,3
Concentrado	6,2
Generalizado	2,5

Tabla 9.43. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos. %: valor porcentual respecto al total de restos alterados por manganeso.

Otra alteración superficial es el redondeamiento de los bordes de fractura, que afecta al 4,6% de los restos, siempre en grado 1 (Figura 9.46).

La alteración blanca por intervención de bacterias afecta al 2,8% de los fósiles de TE11. La mayoría de los restos afectados presenta coloración aislada en la superficie del resto y descamación en los bordes anatómicos o de fractura (Figura 9.46).

Las estriaciones finas y sin profundidad, y la descamación, de carácter aislado, afectan a un sólo resto cada una, significando el 0,9% de la muestra (Figura 9.46).

La coloración general de todos los elementos es muy homogénea, en tonos castaños claros, a pesar de que se han detectado restos con coloraciones oscuras, e incluso, matices verdosos.

Las fracturas observadas en los elementos del nivel TE11 en los elementos de cortical fina y la presencia de los elementos de menor tamaño se ajusta al patrón observado por Andrews (1990) en conjuntos alterados por pisoteo.

Las alteraciones observadas en TE11 permiten identificar la presencia de una serie de agentes o procesos de modificación durante la formación de los fósiles y del nivel. Así, las alteraciones blancas se relacionan con la presencia de bacterias durante, hipotéticamente, la permanencia de las egagrópilas en el nido. Como se ha apuntado anteriormente, estas aves construyen o reparan su nido utilizando ramas secas, hojas, y las propias egagrópilas. Así, estas plataformas se convierten en un lugar idóneo para que aparezcan parásitos y bacterias. Al igual que en TE10, el porcentaje de afección de los restos es mucho menor que en el nivel TE9.

Las fracturas halladas en los elementos de este nivel pueden estar relacionadas con el pisoteo y con la presión, los desplazamientos y deformaciones sedimentarias los sedimentos. Sin embargo, el grado de alteración de ambos agentes en el conjunto de TE11 es, a día de hoy, difícil de cuantificar.

Las alteraciones por redondeamiento son escasas y locales. La abrasión hídrica relacionada con esta alteración se da durante el transporte desde el lugar de deposición hacia la cavidad. Los agrietamientos y pequeñas descamaciones de los restos podrían indicar cambios de temperatura y humedad en los restos alterados.

La presencia de un elevado número de restos afectados por óxidos de manganeso indica la existencia de un ambiente húmedo. Además, la presencia de óxidos de manganeso dentro de las diáfisis y de agrietamientos podrían indicar que las

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

fracturas y los cambios de humedad y temperatura fueron anteriores a la aparición de manganesos.

La elevada fracturación podría estar relacionada con el pisoteo y la presión del sedimento, aunque a día de hoy, no es posible evaluar el grado de influencia de estas alteraciones en los elementos de micromamíferos de este nivel.

9.4. El nivel TE12

La unidad TE12 está compuesta por una sucesión de coladas detríticas de carácter gravitatorio. Estos sedimentos también poseen inclinación, aunque en un grado notablemente menor al observado en TE11 y TE10.

Los restos analizados de este nivel provienen de 12 muestras de un mismo cuadro (E31).

9.4.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

En el análisis tafonómico que sigue a continuación se observa la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles. No obstante, se debe recordar que la representación y del grado de fractura de los restos no se deben únicamente a la acción de predadores. La digestión y, especialmente, los agentes diagenéticos, tienen capacidad de romper y hacer desaparecer los restos.

9.4.1.1. Representación

El número de restos fósiles totales estudiados de TE12 asciende a 996, de entre los cuales el 78,5% son identificables a nivel anatómico y taxonómico. El número mínimo de individuos (NMI) estipulado para este nivel es de 48 ejemplares.

En el conjunto de TE12, los individuos no-mamíferos destacan por encima de los mamíferos. En este grupo se encuentran ampliamente representados los anuros o anfibios sin cola, los reptiles escamosos y las pequeñas aves (Figura 9.47). Los anuros son el orden con mayor NMI de TE12.

La clase Mammalia conforma el 45% de la muestra. En ella se hallan representados los ordenes Rodentia, Eulipotyphla y Chiroptera (Figura 9.47).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

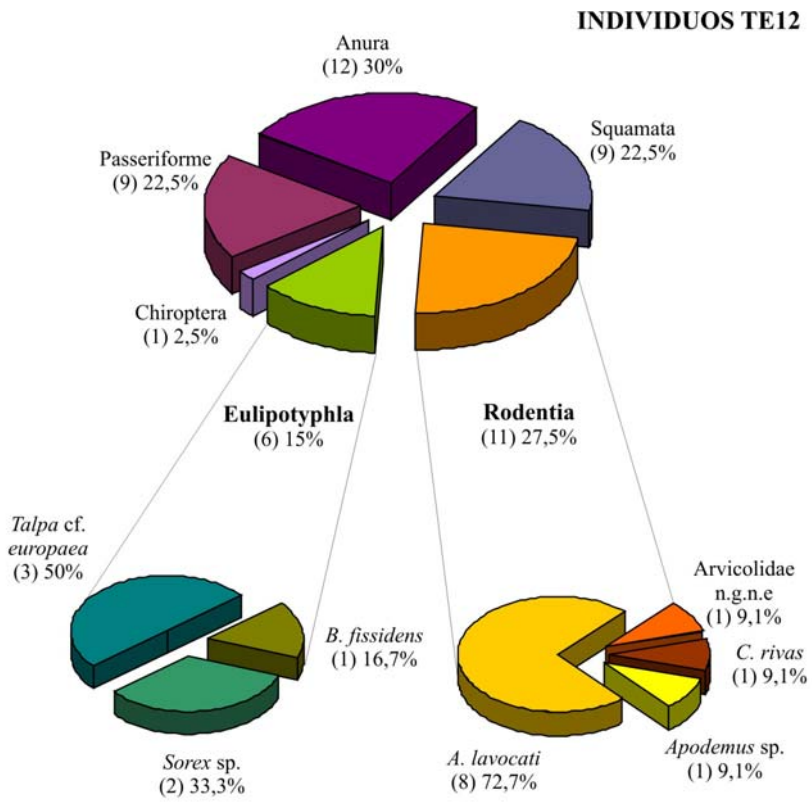

Figura 9.47. Representación gráfica del NMI de TE12. n.g.n.e.: nuevo género nueva especie. Entre paréntesis el NMI absoluto.

De entre los 11 individuos roedores destacan los arvicólidos, especialmente *Allophaiomys lavocati*. Los múridos están menos representados en TE12 que los arvicólidos (Figura 9.47).

En el conjunto de Eulipotyphla de TE12 predomina *Talpa* cf. *europaea*, aunque también se hallan *Sorex* sp. y *Beremendia fissidens* (Figura 9.47). Destaca la presencia de un individuo quiróptero, probablemente perteneciente al género *Myotis*.

A pesar de no ser el más abundante, al grupo de los mamíferos pertenecen 480 restos fósiles, de los que el 57% se ha determinado el elemento esquelético. Se han recuperado y contabilizado todos los elementos del esqueleto de los micromamíferos, incluso los más pequeños y frágiles, tales como vértebras, costillas y autópodos (Tabla 9.44).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Restos de Mamíferos

	n			%
Elemento	Rodentia	Eulipotyphla	Chiroptera	
Cráneo-Maxilar	15	1	1	3,5
Mandíbula	17	5	0	4,6
Molar	31	11	1	9
Incisivo	17	1	0	3,8
Arco cigomático	4	-	-	0,8
Húmero	11	7	0	3,8
Radio	2	0	0	0,4
Ulna	4	1	0	1
Fémur	13	4	0	3,5
Tibia	19	0	0	4
Cintura	10			2,1
Vértebra	55			11,5
Costilla	7			1,5
Autópodo	38			7,9
Indeterminado	205			42,7
Total	480			

Tabla 9.44. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores, insectívoros y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TE12.

El conjunto de roedores presenta alta representación de cráneos y maxilares, buena representación de tibias, mandíbulas y fémures, al mismo tiempo que muestra baja representación de radios y ulnas (Figura 9.48). El promedio ofrece valores del 55,4%, mientras que la desviación estándar es del 40,1 (Tabla 9.45). Ello indica que, a pesar de una conservación general media de los restos que conformarían la muestra original, la heterogeneidad en la representación de los diferentes elementos es muy alta. Como se ha apuntado anteriormente, en la muestra se puede observar una alta representación de cráneos-maxilares, aunque si se extraen estos elementos, el promedio resultante no presenta cambios sustanciales y sigue presentando valores medios (42,2%). En cambio, la desviación estándar disminuye hacia valores del 27,7.

El conjunto de restos pertenecientes al orden Eulipotyphla presenta una representación media en húmeros y mandíbulas, muy baja en ulnas y incisivos, y sin ninguna representación de radios y tibias (Figura 9.48). El promedio es del 19,8%, con unos valores de desviación estándar del 20,4 (Tabla 9.45), indicando baja representación general con cierta homogeneidad en los elementos estudiados.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

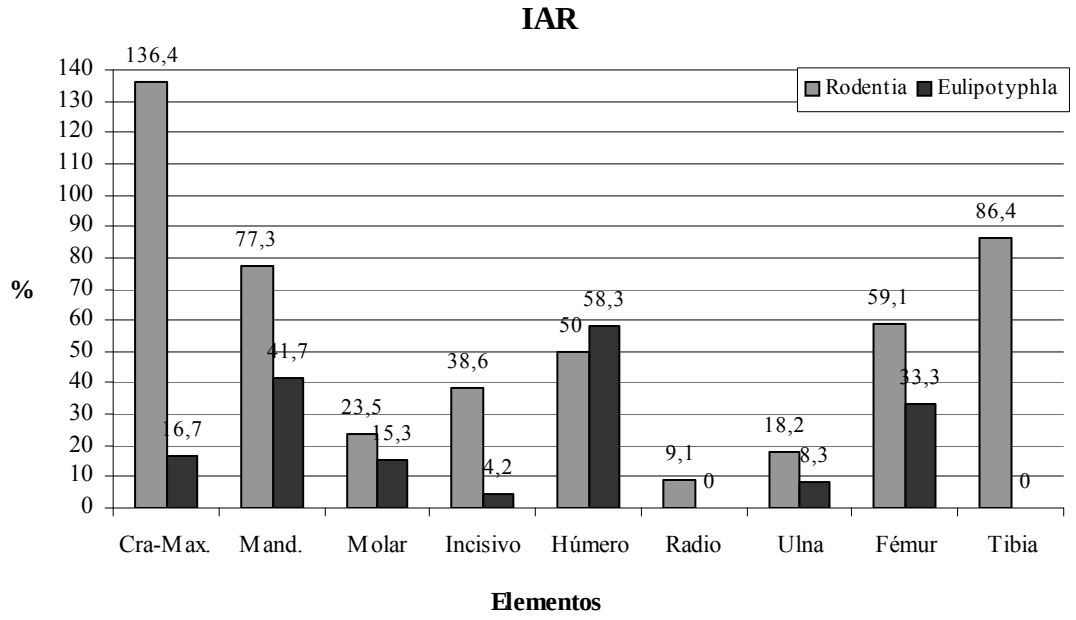

Figura 9.48. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TE12 según su pertenencia a los ordenes Rodentia y Eulipotyphla. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

	Media aritmética	Desviación estándar
Rodentia	55,4	40,1
Eulipotyphla	19,8	20,4
Total	42,8	28,2

Tabla 9.45. Media aritmética y desviación estándar de los índices de abundancia relativa para Rodentia y Eulipotyphla.

Los índices de relación entre los elementos craneales y postcraneales muestran una contradicción dependiendo del índice que se utilice (Tabla 9.46). Si se utiliza el índice Pc/C se detecta un predominio de los restos postcraneales, mientras que si se observa el índice H+F/CMx+Md se advierte una evidente supremacía de los restos craneales (Tabla 9.46). El alto valor ofrecido por Pc/C se debe a que en este índice se utilizan para representar los elementos craneales (C), junto con los maxilares y las mandíbulas, los molares aislados. Éstos son abundantes en la muestra, en relación a los elementos postcraneales. Este hecho provoca que, en este caso, el índice Pc/C no sea tan representativo como el índice H+F/CMx+Md.

A pesar del gran número de molares aislados, el índice Ms/Av, denota que existen más alvéolos vacíos que molares aislados, por lo que existen una pérdida preferencial de estos dientes en TE12 (Tabla 9.46).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Según pone de manifiesto el índice distales/proximales, existe en la muestra una destrucción de los elementos distales (Tabla 9.46).

Índices de relación

Pc/C	1,65
H+F/CMx+Md	0,9
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	0,2

Tabla 9.46. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

9.4.1.2. Fractura

El 5% de los huesos largos que conforman la muestra de TE12 están completos. Entre los elementos fracturados, predominan los segmentos formados por epífisis aisladas (Figura 9.49).

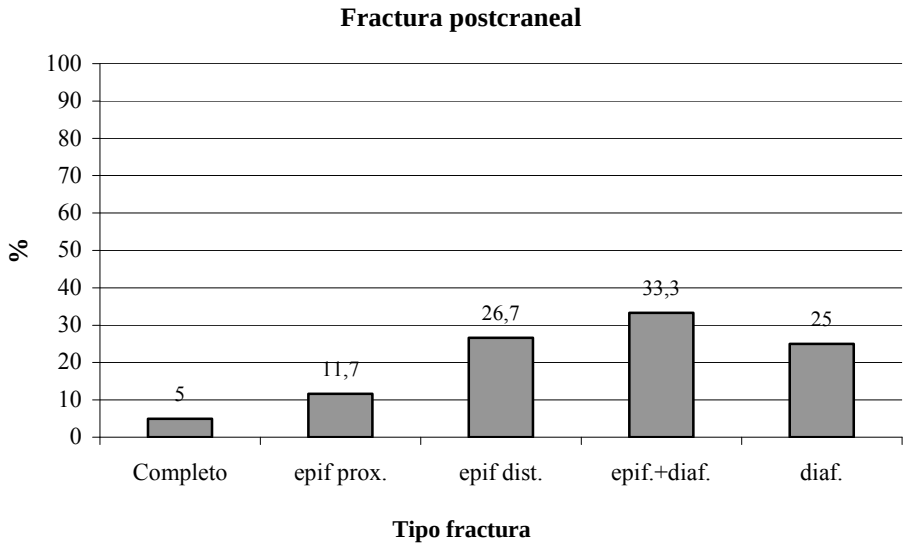

Figura 9.49. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TE12. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El 62,5% de los cráneos-maxilares presenta fracturas de tipo *g*, aunque cabe destacar la existencia de una pequeña parte de los maxilares enteros o tipo *d* (Figura 9.50).

Los dos maxilares de Chiroptera y de Eulipotyphla presentan fracturas del tipo *f* (Figura 9.50).

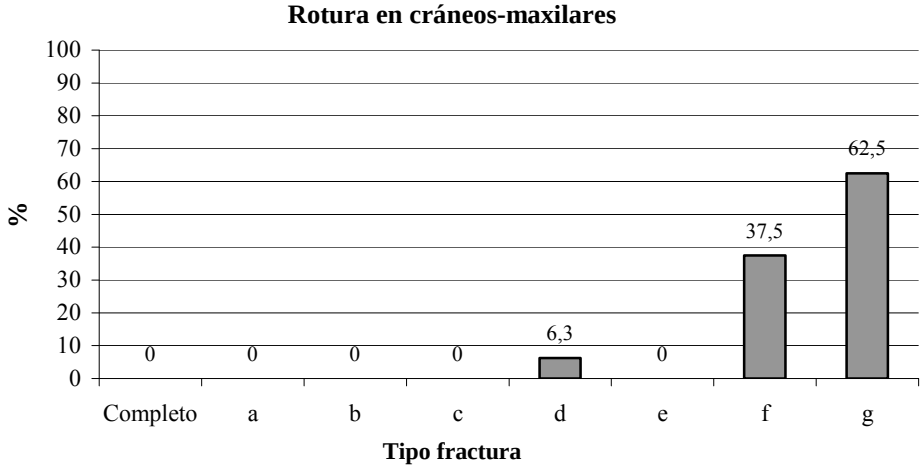

Figura 9.50. Gráfico de la tipología de fractura de los cráneos-maxilares.

Las mandíbulas de TE12 presentan una tendencia de rotura opuesta según si pertenecen a individuos del orden Eulipotyphla o del orden Rodentia. Por esta razón, contrariamente a lo expuesto en el resto de niveles, se han presentado en el gráfico de la figura 9.5 las roturas de las mandíbulas teniendo en cuenta al orden al que pertenecen.

Las roturas más comunes entre las mandíbulas de roedor son las de tipo *b* y *c* (Figura 9.51). En cambio, las mandíbulas de insectívoro presentan mayoritariamente fracturas de tipo *a*. Ello podría deberse a una mayor resistencia de las mandíbulas de estos ejemplares.

La mayoría de las mandíbulas de roedor de TE12 se caracteriza por presentar la rama mandibular fragmentada y el borde inferior roto (94,1% y 70,6% de los casos respectivamente). El grado de conservación del diastema es del 82,4%.

En cuanto a las mandíbulas de insectívoro, el 40% de los restos analizados presenta la rama mandibular parcial o totalmente rota.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

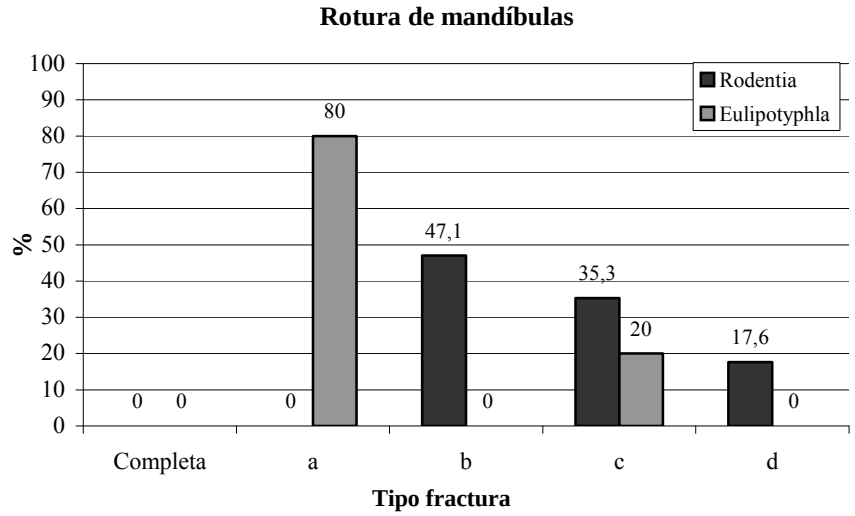

Figura 9.51. Representación de la tipología de fracturas de las mandíbulas de roedores e insectívoros de TE12.

En general, el porcentaje de pérdida de los molares e incisivos en el maxilar y en la mandíbula es elevado (Tabla 9.47). Los molares e incisivos de tálpidos se desprenden con facilidad de la mandíbula, a pesar de poseer raíces Los molares de arvicólidos se desprenden con anterioridad de sus alvéolos en maxilares y mandíbulas que los de los múridos, debido a la falta de raíces que sujeten el diente. En cuanto a los incisivos de estos individuos, se puede observar que desaparecen con mayor facilidad de los maxilares, debido a su porosidad, que de las mandíbulas (Tabla 9.47). Los sorícidos y quirópteros tienden a perder los incisivos con facilidad.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

		Arvicolidae	Muridae	Talpidae	Soricidae	Chiroptera	Total	Dientes totales
Cra-Max.	Molares	91,7	33,3	-	0	66,7	80	75
	Incisivos	91,7	50	-	100	100	86,7	
Man.	Molares	92,6	75	100	33,3	-	75,8	80,2
	Incisivos	88,9	87,5	100	100	-	92	

Tabla 9.47. Porcentajes de molares e incisivos perdidos en cráneos-maxilares (Cra-Max.) y mandíbulas (Man.) de las diferentes familias presentes en TE12. Todos los valores de esta tabla son valores porcentuales.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

No existe fracturación de los molares de roedor, a pesar de que presentan un porcentaje de aislamiento alto. Por su parte, el 47% de los incisivos están rotos y el 88,3% aislados (Tabla 9.48).

Todos los molares de Eulipotyphla hallados en TE12 están en posición alveolar y mayoritariamente, enteros (Tabla 9.48).

No debemos olvidar la existencia de un molar de quiróptero no reflejado en los gráficos de la tabla 9.5 que está entero e *in situ*.

Fractura y aislamiento en dientes

			Rodentia		Eulipotyphla	
Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	0	0	1	9,1
		Enteros	11	35,5	10	90,9
	Aislados	Rotos	0	0	-	-
		Enteros	20	64,5	-	-
	Total		31		11	
Incisivos	*In situ*	Rotos	1	5,9	-	-
		Enteros	1	5,9	-	-
	Aislados	Rotos	7	41,2	-	-
		Enteros	8	47	-	-
	Total		17		-	

Tabla 9.48. Rotura y aislamiento en los molares e incisivos de roedores e insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total de molares o incisivos.

9.4.1.3. Digestión

En términos generales, los restos de TE12 que presentan alteraciones por digestión no son abundantes, puesto que sólo el 25% de la muestra está afectada por esta alteración (Tabla 9.49).

En gran parte de los molares (88,4%) no se ha identificado digestión. Entre estos dientes no digeridos se hallan los molares de insectívoros y el único diente de quiróptero. Los escasos molares digeridos presentan alteraciones en grados ligeros y moderados (Tabla 9.49 y Figura 9.52).

En cuanto a los incisivos, destaca la ausencia de digestión (80%). Existe un pequeño porcentaje de digestión ligera en la muestra (20%). El un único incisivo de Eulipotyphla de TE12 carece de alteración por digestión (Tabla 9.49).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

De todos los dientes analizados de TE12, sólo un elemento con trazas de digestión se halla en su alvéolo (1,5%).

En los elementos postcraneales de Rodentia, el porcentaje de presencia de alteraciones por digestión en grado ligero es idéntico al de los elementos sin digestión (50%) (Tabla 9.6). En los restos de insectívoros destaca la ausencia de digestión. Los escasos restos digeridos presentan alteraciones en grado ligero (Tabla 9.49 y Figura 9.52).

En algunos elementos postcraneales se ha identificado un ligero adelgazamiento de las paredes de la metáfisis o la diáfisis relacionado con la digestión del elemento (9%). Ello indicaría que una parte de la fractura de los restos se produce antes o durante la digestión.

Digestión

	Molares						Incisivos				Postcraneal			
	Rodentia		Eulipotyphla		Chiroptera		Rodentia		Eulipotyphla		Rodentia		Eulipotyphla	
Grado	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	26	83,9	11	100	1	100	11	80	1	100	16	50	8	66,7
Ligera	4	12,9	0	0	0	0	3	20	0	0	16	50	4	33,3
Moderada	1	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuerte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total*	31		11		1		14		1		32		12	

Tabla 9.49. Grado de digestión en los elementos de roedores, insectívoros y quiropteros de TE12. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual respecto al total. * Una parte de los incisivos (18%) y de elementos postcraneales (34%) de roedor han sido considerados nulos para observar trazas de digestión.

Entre los restos de las muestras que conforman el nivel 12 se hallan 6 elementos de lagomorfo con evidencias de digestión. Se trata de una vértebra, un fragmento de fémur y un molar aislado con trazas de digestión en grado ligero, un molar aislado con alteración en grado moderado y dos molares aislados con digestión en grado fuerte.

Asimismo, también se ha registrado entre los 233 restos de aves, un fragmento de tibia de Passeriforme con trazas de digestión ligera en la epífisis (Figura 9.52).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

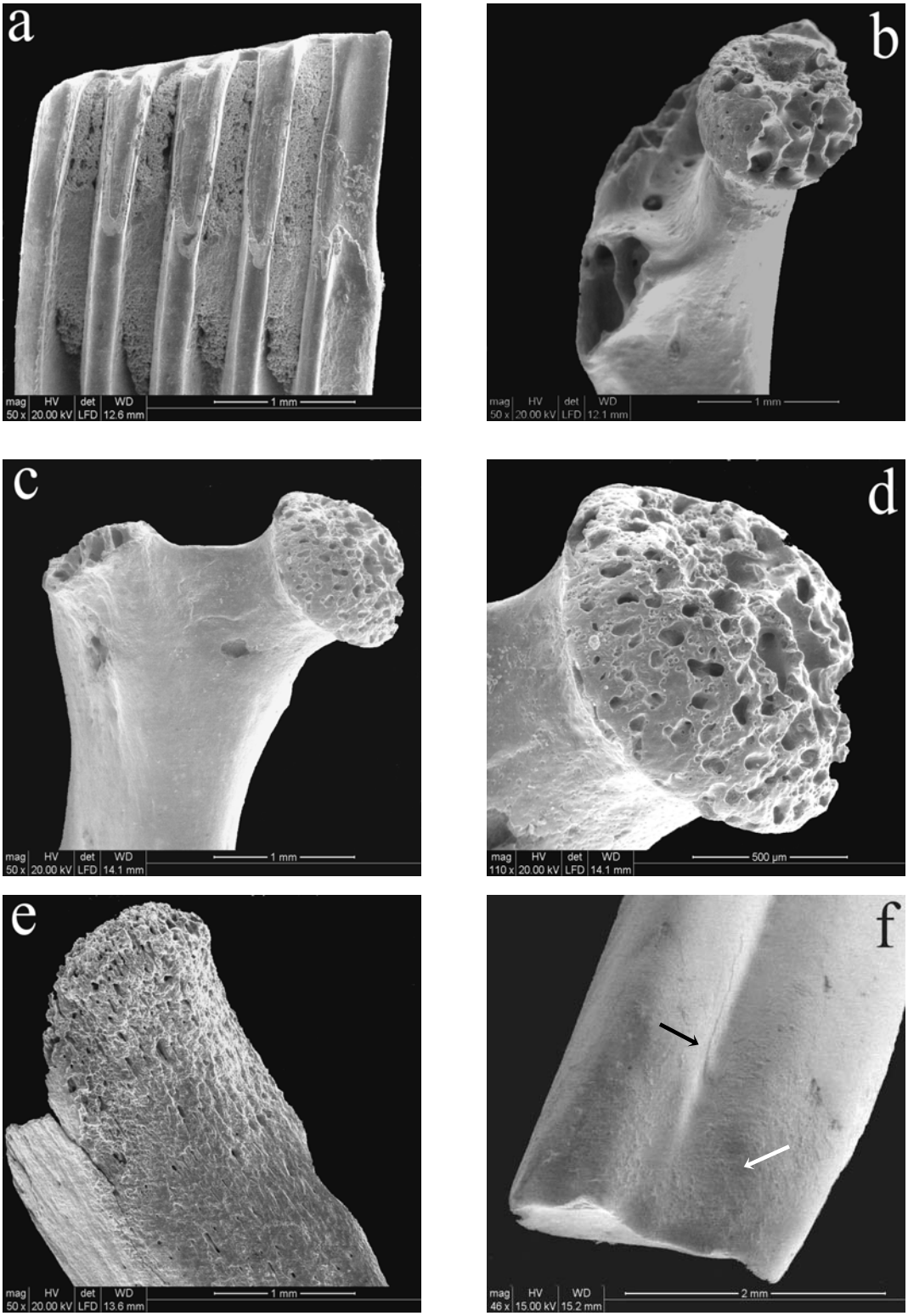

Figura 9.52. Digestión en elementos de TE12. **a**. Digestión en grado moderado del M_1 aislado de *A. lavocati*. **b**. Fémur con digestión ligera en la epífisis y los bordes de fractura. **c**. Digestión ligera en fémur de roedor. **d**. Detalle de la imagen anterior. **e**. Digestión en un fragmento de tibia de ave. **f** Digestión en molar de lepórido. La flecha negra señala el límite del esmalte, mientras que la blanca señala la alteración de la dentina.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.4.1.4. Identificación del predador

Las alteraciones derivadas de la predación descritas anteriormente y resumidas en la tabla 9.50, permiten caracterizar tafonómicamente al conjunto de micromamíferos de TE12.

Resumen de las alteraciones por predación de TE12	
Nº Restos (n)	996
Identificados (%)	78,5
NMI (n)	48
Roedores (%)	27,5
Insectívoros (%)	15
Media de IAR (%)	42,8
Desv. estándar de IAR	28,2
Pc/C	1,5
H+F/CMx+Md	0,7
R+T/H+F	0,8
Ms/Av	0,1
Fractura postcraneal (%)*	5
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	75
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	67
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	80,2
Fractura dientes (%)■	15,3
Digestión molares (%)+	11,6/Mod.
Digestión incisivo (%)+	20/Lig.
Digestión postcraneal (%)+	46,5/Lig.

Tabla 9.50. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TE12. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lig.: ligera; Mod.: moderada.

Contrariamente a lo observado en los niveles anteriores, entre los individuos contabilizados en TE12 destacan los no-mamíferos. Sin embargo, entre los mamíferos siguen predominando los roedores, sobre todo arvicólidos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El índice Ms/Av indica una importante pérdida de molares de mamífero, por lo que el NMI sugerido para este grupo posiblemente sea menor al NMI real.

Entre los elementos estudiados, 28 restos presentan claras evidencias de digestión. Ello indica que parte o la totalidad del conjunto de micromamíferos proviene de una agrupación originada por la actividad biológica de un predador. En esta actividad, el predador incluye a los insectívoros, puesto que este grupo también presenta alteraciones por digestión.

Para la identificación del predador o predadores del conjunto, se analiza el porcentaje y grado de digestión de los diferentes elementos estudiados. De este modo, las modificaciones en los incisivos indican la intervención de un predador de categoría 2 de D_I. En esta categoría se hallan rapaces como búho chico (*Asio otus*), búho de Verreaux (*Bubo lacteus*) y cárabo lapón (*Strix nebulosa*).

La digestión en molares indica un predador de la categoría D_M 3. En esta categoría se hallan dos grupos de predadores diferenciados. Por un lado las rapaces como el búho real (*Bubo bubo*) y el cárabo común (*Strix aluco*) y por otro lado los pequeños mamíferos carnívoros como los vivérridos. El porcentaje de restos alterados de TE12 parece señalar la intervención de una rapaz. El grado de digestión que alcanzan los molares es moderado, equivalente al que presentan las concentraciones del búho real.

La digestión en los elementos postcraneales indica la intervención de un predador de categoría D_P 2. En esta categoría se hallan predadores como búho manchado (*Bubo africanus*), búho real y cárabo común.

Como se ha observado, los grados y porcentajes de digestión de los diferentes elementos estudiados presentan cierta heterogeneidad. Así, los grados de alteración en molares y elementos postcraneales señalan a un predador de categoría general 2 o intermedia, mientras que los incisivos presentan un porcentaje de digestión menor al que correspondería a un predador de esta categoría.

De esta manera, cabe plantearse dos hipótesis. La primera de ellas versa sobre la presencia de una mezcla. Posiblemente, en esta mezcla colaboraría un predador mayoritario de categoría de alteración general 2, como el búho real o el cárabo, junto con otro predador de baja categoría de alteración.

La segunda hipótesis podría tener relación con la variabilidad en los grados de alteración de un único predador causante de la agrupación. Así, un sólo predador principal realizaría gran parte de la aportación de micromamíferos en TE12.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Según la experimentación realizada en la presente Tesis Doctoral, la divergencia en los grados de digestión de los diferentes elementos estudiados sugiere la presencia de una mezcla de predadores. Además, cuando las alteraciones postdeposicionales tengan escasa influencia en las fracturas, la divergencia en los grados de fractura de los diferentes elementos anatómicos estudiados también puede ser indicativa de una mezcla de varios predadores.

En TE12, el grado de digestión y porcentaje de alteración de molares y elementos postcraneales y el grado alcanzado por la digestión de incisivos muestran coherencia con la intervención de un predador de categoría de alteración general intermedia o 2. Únicamente el porcentaje de incisivos alterados por digestión dista de lo esperado para un predador de esta categoría. De esta manera, se puede afirmar el grado de divergencia en la digestión de los elementos estudiados es escaso.

En cuanto a la fractura, los restos fracturados son abundantes y los grados de rotura que presentan son fuertes. En términos generales, la fractura que presentan los restos de TE12 es similar a la que presentan los conjuntos TE11 y TE10. Sin embargo, en este nivel existe un número similar de fracturas en los elementos y disminuye el grado de rotura en mandíbulas y las pérdida y fractura en dientes. En cualquier caso, no se detecta un grado de fracturación diferencial entre los elementos estudiados. En este nivel, probablemente, la influencia de las alteraciones postdeposicionales es menor, por lo que las fracturas y la representación detectada esté más relacionada con la actividad de un predador que en los niveles anteriores.

De este modo, y puesto que únicamente el porcentaje de incisivos digeridos difiere de lo esperado, es posible descartar la hipótesis de la aportación de varios predadores. Así, cabe la posibilidad de que el conjunto esté formado por la actividad de un sólo predador mayoritario, probablemente, de categoría general intermedia con tendencia a baja.

En conclusión, las alteraciones identificadas permiten identificar la acumulación por una rapaz nocturna de categoría final de alteración 2. Entre las rapaces candidatas, el grado de fractura y la menor digestión en incisivos podría señalar la intervención de un búho real (*Bubo bubo*), que posee el menor grado de digestión del grupo propuesto.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.4.2. Alteraciones postdeposicionales

En esta segunda parte del análisis tafonómico se describen las pocas alteraciones de origen postdeposicional detectadas en los elementos de TE12, lo que permitirá, posteriormente, describir los agentes que intervienen en la formación del estrato. Los restos presentan, generalmente, coloración beis o castaño claro.

La alteración que afecta a una mayor parte de los restos son los óxidos de manganeso (61%) (Figura 9.53). Generalmente, las tinciones negras suelen presentarse de forma dispersa y aislada en la superficie de los restos, afectando a todas las caras por igual (Tabla 9.51).

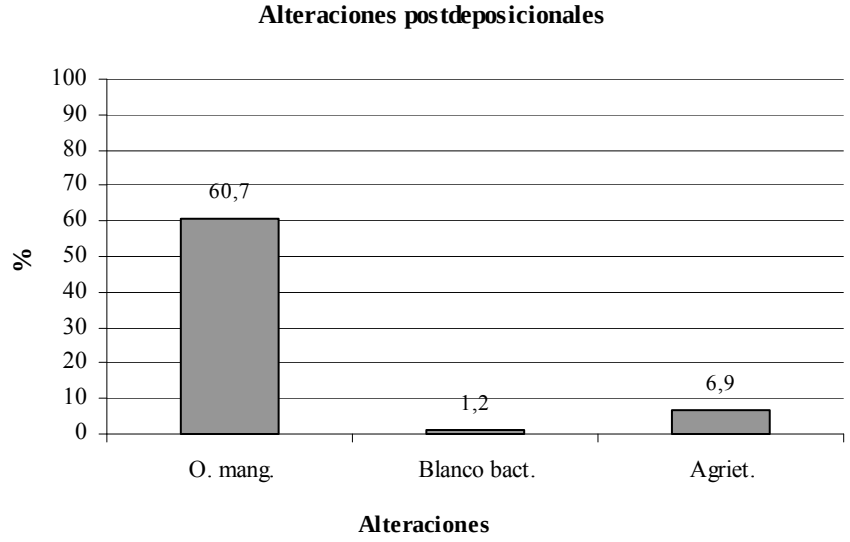

Figura 9.53. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TE12. O. mang.: óxidos de manganeso; Blanco bact.: blanco por intervención de bacterias; Agriet.: agrietamientos.

Óxido de manganeso	
Disposición	
Aislado	36,5
Disperso	55,2
Concentrado	7,3
Generalizado	1

Tabla 9.51. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos de TE12. %: valor porcentual respecto al total de restos alterados por manganeso.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1421-2010

En algunos casos, se hallan óxidos de manganeso en el interior diafisal, indicando que la rotura del elemento se da con anterioridad a la deposición de los óxidos.

Las fisuras y grietas afectan al 7% de los restos. En general, presentan morfología de pequeñas estrías con profundidad media, a pesar de que, ocasionalmente, se hallen pequeñas fisuras en la superficie de los fósiles (Figura 9.53).

Otras alteraciones presentes en TE12 son las tinciones blancas y las raíces. Las tinciones blancas afectan al 1% de los restos, generalmente de forma aislada y sin descamación. Los surcos relacionados con la actividad de raíces se registran en un 0,6% de los restos (Figura 9.53). Además, no se debe olvidar que parte de las fracturas observadas en los elementos de TE12 pueden tener relación con el pisoteo y la presión de sedimentos, especialmente los elementos con la cortical más fina, como cráneos, maxilares y mandíbulas.

Estas alteraciones permiten identificar algunos de los agentes y procesos de alteración acaecidos tras la deposición de los restos. Los restos con alteraciones blancas se relacionan con la actividad bacteriana durante la retención de las egagrópilas en el nido.

La alteración postdeposicional que afecta a más restos es el óxido de manganeso, indicando un ambiente húmedo y, probablemente, la presencia de la actividad por bacterias una vez los restos entran en contacto con el sustrato de deposición. Además, la existencia de estos óxidos en el interior de las diáfisis de algunos restos postcraneales indicaría que la rotura se dio con anterioridad a la deposición de los óxidos.

Posiblemente, gran parte de las fracturas tengan relación con la presión ejercida por los sedimentos y los desplazamientos, deformaciones y rupturas sedimentarias. Actualmente se está llevando a cabo una experimentación con la finalidad de observar y categorizar las alteraciones en restos de micromamíferos relacionadas con los procesos de argiloturbación y de presión de sedimentos. Así, a día de hoy, no es posible categorizar esas fracturas ni valorar la influencia que tienen estos procesos en los restos de micromamíferos.

Entre los restos analizados se hallan un pequeño porcentaje de agrietamientos, mayoritariamente finos, que indica cambios de temperatura y humedad en el entorno de la cavidad.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

9.5. Discusión diacrónica de Sima del Elefante

Los fósiles de micromamíferos de Sima del Elefante incluidos en esta Tesis Doctoral pertenecen a los niveles TE9, TE10, TE11, TE12 y TE14. El nivel TE13 no ha proporcionado restos de micromamíferos. Todos estos niveles forman parte de la fase I, también conocida con el nombre TE-LRU (Trinchera Elefante Lower Red Unit) (Rosas *et al.*, 2001; 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2001). Dicho paquete sedimentario está datado entre 1,2 y 1 Ma., situándose dentro de la época geológica del Pleistoceno Inferior (Rosas *et al.*, 2004; 2006; Parés *et al.*, 2006; Cuenca-Bescós y García, 2007; Carbonell *et al.*, 2008). El nivel TE9 es el nivel excavado en mayor superficie de Sima del Elefante (aproximadamente unos 20 m^2), mientras que las intervenciones en el resto de niveles han sido de menor intensidad.

Los apartados dedicados a la interpretación tafonómica de cada nivel se ha centrado en la formación de las diferentes asociaciones fósiles analizadas. En ellos, se ha establecido que el origen principal de las acumulaciones se debe a la actividad de predadores. También se ha observado la incidencia de otros agentes y/o procesos tafonómicos en la formación de estas asociaciones. Por ello, en este capítulo nos centraremos en la visión diacrónica de la formación de la fase inferior de Sima del Elefante.

Para empezar, cabe destacar que todos los taxones de micromamíferos identificados en cada uno de los niveles muestran una gran continuidad y uniformidad a lo largo del conjunto de TE-LRU. En el nivel TE9 se registra la mayor densidad de elementos y la mayor variedad de especies del paquete inferior de Sima del Elefante.

En términos generales, existen muchas similitudes entre los diferentes niveles estudiados en lo que se refiere a las características bioestratinómicas. En todos los niveles de la Fase I de Sima del Elefante, a excepción del nivel TE14, ha sido posible reconocer el origen de la acumulación de los restos de micromamíferos. Este origen está relacionado con la actividad biológica, más o menos intensa, de uno o varios predadores acumuladores.

En capítulos anteriores (2 y 4) se ha apuntado la importancia de conocer al predador mayoritario que produce las asociaciones de micromamíferos para elaborar correctas interpretaciones paleoecológicas, por lo que dicha necesidad se convierte en objetivo prioritario del estudio tafonómico. Ello permite valorar el posible sesgo existente en los taxones representados producidos por el predador en base a sus preferencias dietéticas, su territorio de caza, el hábitat que ocupa, etc. Un predador selectivo tiene una dieta que no se correlaciona con el perfil de abundancias de presas

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

presentes en un cierto lugar y tiempo. Por el contrario, la dieta de un predador oportunista sí se correlaciona positivamente con ese perfil. Así, las especies reflejadas en las deposiciones de un predador oportunista pueden ser un reflejo de la representación de las especies existentes en el ecosistema, puesto que el predador sólo está limitado por la talla de la presa y por su disponibilidad. Además, la correcta identificación del predador también nos aporta información sobre el hábitat de caza, por lo que también permite realizar interpretaciones paleoecológicas.

En los subniveles a y c de TE9 y en los niveles TE10, TE11 y TE12 se ha identificado a un único predador mayoritario.

Así, en los niveles TE11 y TE12 se ha identificado la presencia de un búho real, mientras que en los niveles TE9c, TE9a y TE10 se ha observado la presencia de un predador de la categoría 2 de alteración. Entre los predadores candidatos destaca el cárabo común y el propio búho real. Como ya se ha relatado, las alteraciones en conjuntos de micromamíferos producidas por estas dos especies son muy semejantes, por lo que es difícil distinguirlos. Sin embargo, existen tres pequeñas diferencias entre ambos conjuntos relacionados con el grado de fractura general, el grado de digestión y el tamaño de las presas.

En primer lugar, el grado general de fractura que infringe el cárabo en sus concentraciones de micromamíferos es mayor que el que realiza el búho real (Andrews, 1990). Habiendo considerado la fracturación producida por los agentes postdeposicionales y su importancia en la formación, el grado de fractura relacionado con la predación que presentan los restos es mayor en TE9c y TE9a que en TE11 y TE12. Ello podría indicar que el predador de estos conjuntos es un cárabo. No obstante, el nivel TE10 presenta un grado de fractura similar al de los niveles superiores.

En segundo lugar, el grado de digestión inferido por cárabo común es ligeramente superior al que presentan los restos depositados por búho real (Andrews, 1990). Los grados de digestión observados en los restos de TE9c, TE9a y TE10, sobre todo en los incisivos, son mayores a los observados en los restos de TE11, consumidos por un búho real. Este hecho conduciría a pensar que las asociaciones de las subunidades c y a de TE9 y la unidad TE10 estarían producidas por un cárabo común.

Por último, el tamaño general de las presas consumidas es mayor en el búho real que en las concentraciones de cárabo común. Así, en las concentraciones del búho real es habitual observar partes esqueléticas o individuos enteros de lepóridos, mustélidos y pequeños herbívoros (Mikkola, 1983; Andrews, 1990; König *et al.*,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

1999). En los niveles TE9c, TE9a y TE10 abundan los restos de lepóridos. Estos lepóridos muestran una buena representación de todos los elementos esqueléticos que, en general, presentan baja fracturación. Además, algunos de estos elementos, principalmente extremidades, se han hallado en conexión anatómica (Huguet, 2007). Los estudios tafonómicos realizados sobre estos taxones apenas han identificado modificaciones superficiales propias del consumo por predadores, como mordeduras, picotazos o digestiones (Huguet, 2007). Por todo ello, sería posible descartar la intervención de un búho real sobre estos restos, puesto que cabría esperar una mayor presencia de cilindros diafisarios, picotazos y epífisis con moderados o fuertes signos de digestión.

En cambio, en TE11 y TE12 sí se han registrado elementos pertenecientes a lepóridos, aunque en menor proporción que en los niveles inmediatamente inferiores. Algunos de estos elementos de los niveles superiores poseen evidencias de digestión. Esta digestión podría corroborar la hipótesis de un predador que pudiera incluir en su dieta a lagomorfos, como el búho real. Además, se debe destacar la digestión en restos de paseriforme, reforzando la hipótesis del consumo por un búho real.

De este modo, y según las tres características anteriormente descritas, los conjuntos de TE9c, TE9a y TE10, podrían corresponderse con acumulaciones formadas por cárabo común (*S. aluco*).

Además, en el nivel TE9a se han hallado mordeduras sobre un húmero de *Talpa* cf. *europaea*. El estudio de la morfología, dimensiones de las depresiones y las distancia existentes entre ellas, indican que fueron realizadas por *Beremendia fissidens*. Así, esta gran musaraña de dientes rojos pudo haber realizado una aportación esporádica en el conjunto de micromamíferos de este nivel. Así, *B. fissidens* requeriría del consumo de un elevado número de presas para su desarrollo, adquiriendo, incluso, presas mayores que ella mediante su potente mandíbula y el uso de su aparato inyector de veneno (Churchfield, 1990). Aunque se ha demostrado el consumo de grandes presas por parte de algunos parientes actuales de *B. fissidens*, como *Blarina brevicauda*, (Kita *et al.*, 2004), con anterioridad a este trabajo no se habían documentado evidencias tafonómicas que demostraran la intervención de un gran insectívoro sobre los restos de una presa de gran tamaño. Ello confiere un carácter de excepcionalidad al húmero de *Talpa* cf. *europaea* de TE9a.

Las estimaciones sobre las preferencias paleoecológicas de *B. fissidens* son escasas. Un estudio comparativo de la distribución de esta especie en diversas asociaciones fósiles propuso que no poseía preferencias restringidas aparentes y habitaba ecosistemas muy variados (Reumer, 1984). Sin embargo, la alta tasa

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

metabólica de las musarañas de dientes rojos, podría haber hecho indispensable el consumo de importantes cantidades de alimento que sólo encontraría en medios ecológicamente propicios y estables (Cuenca-Bescós y Rofes, 2007; Rofes y Cuenca-Bescós, 2007; Rofes, 2009).

Contrariamente a lo observado en el resto de niveles de TE-LRU, los grados de alteración del subnivel TE9b no se corresponden con los ejercidos por ningún predador conocido. Por ello, en este conjunto se contempla la hipótesis de la mezcla de varios predadores. La experimentación llevada a cabo en la presente Tesis (capítulo 6) permite identificar que uno de los parámetros del estudio tafonómico más diagnóstico de la presencia de mezcla es el grado de digestión de los diversos elementos estudiados. En los restos de TE9b el grado de digestión que presentan los molares, elementos postcraneales y, sobre todo, incisivos es dispar, afirmando la hipótesis de una mezcla de predadores. Los conjuntos fruto de la mezcla, además, pueden presentar disparidad entre los grados de alteración generales de representación y fractura, aunque no se descarta la incidencia de otros agentes tafonómicos.

En las diferentes experiencias realizadas se ha contrastado que cuando uno de los predadores aporta la mayor parte de los restos a la mezcla, cabe la posibilidad de describir a que especie pertenecen. De este modo, las alteraciones generales podrían ajustarse a los patrones de predación de la categoría intermedia o 2 (Tabla 9.52). De manera simple y comparando este subnivel con TE9c y a, se podría proponer al mismo predador (cárabo común) como predador principal, con una pequeña influencia de otro predador de categoría de alteración superior. Posiblemente, esta pequeña aportación podría relacionarse con un predador de categoría 3, aunque no sería posible concretar la especie a la que pertenece este segundo predador.

Se debe tener en cuenta que en este subnivel no se ha detectado ningún cambio sedimentológico, cronológico o faunístico que permita identificar la presencia de cambios lineales o superposiciones, así como ninguna alteración que indique reelaboración de los elementos que pudiera favorecer la mezcla.

Para finalizar con la descripción del origen de los conjuntos de micromamíferos de Sima del Elefante se debe recordar que la escasez de restos registrados en TE14 no permite identificar el agente acumulador. Entre estos pocos fósiles, no ha sido posible distinguir ninguna alteración relacionada con la depredación. Ello puede responder a dos hipótesis. Por un lado, estos restos podrían formar parte de la acumulación de un predador de baja o nula capacidad de alteración. Sin embargo, para un predador de estas características se espera un elevado número de restos, en excelente estado de conservación. Por otro lado, estos restos pueden ser

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

fruto de la acumulación esporádica y natural de algunos individuos. Es decir, TE14 podría haber funcionado como trampa natural para los pequeños mamíferos. De este modo, no sería posible relacionar los restos de micromamífero con los de *Falco tinnunculus* identificados en este nivel e interpretados como fruto de la nidificación cercana de esta rapaz (Sánchez-Marco, 2004).

Recapitulando, en la secuencia inferior de Sima del Elefante se han identificado el cárabo común en los niveles TE9 y TE10 y el búho real en TE11 y TE12, además de la intervención de *B. fissidens* en TE9a y de pequeñas aportaciones de un segundo predador en TE9b (Tabla 9.52). A esto, se debe remarcar que TE13 no ha proporcionado restos de micromamífero y que en TE14 no existen evidencias de depredación.

Predadores mayoritarios de los micromamíferos de los niveles de TELRU				
Nivel		*Predador*	*Modo predación*	*Hábitat*
TE14		¿?	¿?	¿?
TE12		Búho real	Oportunista	Es común en roquedos y barrancos de altitud media, próximos a bosques.
TE11		Búho real	Oportunista	Diverso. Es común en roquedos y barrancos próximos a bosques.
TE10		Cárabo común	Oportunista	Bosques semiabiertos, con claros o de ribera.
TE9	TE9a	Cárabo común *B. fissidens* *	Oportunista ¿?	Bosques semiabiertos diversos y bosques de ribera. Muy variado
	TE9b	Mezcla: Cárabo común + pred. indet. de cat. 3	¿?	Bosques semiabierto y de ribera.
	TE9c	Cárabo común	Oportunista	Es habitual en bosques semiabiertos diversos y bosques de ribera.

Tabla 9.52. Predadores principales interpretados en los diferentes niveles de la unidad TE-LRU de Sima del Elefante y sus características más importantes Predadores de los diferentes niveles. *Este predador realiza una predación eventual observable sólo en la superficie de un resto.

Cada uno de los predadores identificados en los subniveles y niveles de TE-LRU posee unas características etológicas diferenciales. Así, el cárabo común (*Strix aluco*), identificado en TE9c, TE9a y TE10, prefiere los bosques semiabiertos, generalmente de frondosas, de árboles caducifolios y mixtos con claros. Ocasionalmente puede ocupar bosques de coníferas cuando existen claros cercanos. También es habitual en bosques de ribera, paisajes abiertos cercanos a bosques y en

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

zonas rocosas con árboles y arbustos dispersos. Es una pequeña rapaz oportunista. Su variada dieta puede estar formada por roedores, topillos, musarañas, lirones, pequeñas aves e insectos. Esta rapaz posee hábitos nocturnos y durante el día descansa entre el follaje, en algún hueco natural de un árbol o entre las rocas. Son aves monógamas, fuertemente territoriales, sedentarias y permanentes en un mismo sitio. No hacen nidos y no utilizan los abandonados por otras aves. Siempre anidan en el suelo rocoso, en alguna grieta de la pared rocosa o en huecos de árboles. Generalmente, utilizan las egagrópilas y otros despojos alimenticios para acolchar los huevos (Southern y Lowe, 1968; López-Gordo, 1974; Mikkola, 1983; Villarán y Medina, 1983; Sánchez Cepeda *et al*., 1987; Zalewski, 1994; Lipej y Gjerkes, 1996; König *et al.*, 1999).

El búho real (*Bubo bubo*), identificado en TE11 y TE12, es una gran rapaz que habita principalmente paisajes rocosos, a menudo con árboles dispersos o arbustos. También es posible hallarlo en áreas forestales abiertas, con claros, laderas escarpadas, rocas y arbustos, acantilados rocosos en los valles fluviales, bosques de taiga con claros. Es decir, esta rapaz ocupa hábitat variados, aunque siempre cercanos a roquedos y acantilados y evitando el bosque denso y extenso (König *et al.*, 1999). Según recientes estudios etológicos, la altitud de los roquedos suele ser media, evitando, generalmente, las altas montañas (Manzano, 2003).

La alimentación del búho real ha sido muy estudiada en distintas localidades y regiones geográficas (Willgohs, 1974; Olsson, 1979; Hiraldo *et al.*, 1975; 1976; Herrera y Hiraldo, 1976; Mikkola, 1983; Donázar, 1989; Andrews, 1990; König *et al.*, 1999). En general, estos autores coinciden en afirmar que el búho real caza e ingiere mamíferos, aunque no desdeña pájaros, sapos, reptiles, peces o insectos. El rango de peso de sus presas es muy variado. Caza desde pequeños roedores y musarañas hasta liebres, erizos, topos, grandes ratas, zorros e incluso pequeños corzos (Mikkola, 1983; Andrews, 1990; König *et al.*, 1999).

Es una rapaz de hábitos nocturnos (especialmente crepusculares y amaneceres). Durante la noche, manifiestan menor actividad en torno a la medianoche y en el día descansan solos o en parejas en las grietas de las rocas (König *et al.*, 1999). Generalmente hacen sus nidos en el suelo de las rocas, en grietas o en las entradas de las cuevas.

En la dieta del cárabo común y el búho real se incluye un elevado número de roedores e insectívoros, donde también destacan los topos. Los individuos de *Talpa* cf. *europaea* de TE9 y TE12 presentan digestión, por lo que pueden relacionarse con la predación, mientras que los tálpidos de TE10 y TE11 carecen de ella. Para estos últimos, se deben valorar que el consumo realizado por un predador no dejara

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

evidencia en la superficie o que el origen esté relacionado con las intrusiones naturales.

Como se ha observado a lo largo del estudio, en todas las muestras existe un predominio de arvicólidos (géneros *Allophaiomys* y Arvicolidae n.g.n.e) entre los roedores y de tálpidos (*Talpa* cf. *europaea*) entre los insectívoros. Sin embargo, los predadores identificados generalmente no seleccionan, por criterios de preferencia, los taxones consumidos y representados en cada uno de estos conjuntos. De este modo, ¿a que se debe la abundancia de estos taxones?

En diversos yacimientos de la Península Ibérica, como los hallados en la Cuenca de Guadix-Baza, se detecta un progresivo empobrecimiento de las faunas de roedores en el tránsito hacia el Villafranquiense inferior (en 3,5 Ma., en la biozona de micromamíferos MN16). Esta disminución de la biodiversidad está marcada por la desaparición de varios taxones de diferentes familias (especialmente cricétidos, glíridos y esciúridos) y por la substitución del predominio de los múridos por el de los arvicólidos (Ruiz-Bustos *et al.*, 1984; Ruiz-Bustos y Sesé, 1985; Agustí *et al.*, 1986; Sesé, 1989; 1991; 2006; Sesé *et al.*, 2001). Así, los arvicólidos pasan a ser el grupo de roedores más abundante en la comunidad biológica pretérita. De este modo, es razonable que entre la dieta de los predadores oportunistas abunden estos taxones, con mayor número de individuos en el biotopo de caza.

En cambio, en lo que respecta a los insectívoros, existe, en biotopos equilibrados actuales, una mayor representación de sorícidos o crocidurinos (Wójcik y Wolsan, 1998), y los tálpidos no son los insectívoros más abundantes. De esta manera, en los conjuntos de micromamíferos fósiles aportados por predadores oportunistas también se esperaría observar esta proporción. Sin embargo, en todos los niveles de la fase inferior de Sima del Elefante predominan los individuos pertenecientes a la especie *Talpa* cf. *europaea* por encima del resto de individuos del orden Eulipotyphla. Esta mayor representación no se debe al sesgo preferencial de los predadores, que, como hemos visto, presentan hábitos oportunistas. Posiblemente, esta abundancia está relacionada con el elemento diagnóstico utilizado para estimar el NMI aproximado de esta especie. Recordemos que a excepción del resto de mamíferos, donde se utiliza generalmente el M_1 para estimar el NMI, en los tálpidos se utiliza como elemento diagnóstico el húmero. Estos individuos poseen las extremidades, especialmente las anteriores, modificadas para la excavación, siendo más robustas que las del resto de insectívoros. Esta mayor robustez implica una mayor dureza, que, a pesar de que no debe confundirse con la durabilidad tafonómica, puede tener relación con ella. La dureza es una propiedad actual de los elementos, mientras que la durabilidad

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

tafonómica es la capacidad de los elementos conservados para persistir en un ambiente concreto (Fernández-López, 1991). Durabilidad significa capacidad o probabilidad de persistencia de los elementos conservados. La durabilidad de los elementos depende de su composición y estructura, pero no es sólo una propiedad absoluta. Es una propiedad relativa a la durabilidad de otros elementos. De este modo, la mayor dureza de los húmeros de *Talpa* aumentaría la probabilidad de persistencia de estos elementos frente a las condiciones que afectan al conjunto de elementos conservados. En resumen, se debe considerar la hipótesis de que estos elementos estén mejor representados que los elementos diagnósticos de los sorícidos y crocidurinos, de menor durabilidad. De este modo, el NMI de tálpidos se mostrará mayor. Ello no significa que el NMI estipulado para *Talpa* cf. *europaea* sea irreal o esté sobreestimado, sino que existe una desaparición de los restos de sorícidos y crocidurinos que implica una estimación irreal del NMI. Así, el número de crocidurinos y sorícidos presente en Sima del Elefante podría ser mayor al mostrado en los diferentes niveles estudiados. Se debe tener en cuenta que la composición y estructura de los elementos esqueléticos de micromamíferos comporta generalmente, mayor fragilidad, en relación a la de otros vertebrados de tamaño medio o grande. Así, se espera, *a priori*, que la durabilidad general de este tipo de conjuntos sea menor que la experimentada por taxones de macrovertebrados en un mismo ambiente.

En cuanto a la representatividad de los taxones de la fase inferior de Sima del Elefante, se puede afirmar que éstos son un reflejo de la comunidad viva pretérita. Así, las interpretaciones paleoecológicas surgidas de las abundancias relativas de los taxones de micromamíferos muestran de manera fidedigna el hábitat de caza de los predadores que los consumieron.

Como ya hemos dicho, la identificación de los predadores mayoritarios permiten realizar aproximaciones paleoambientales en la secuencia de TE-LRU a través de sus preferencias de hábitat. Las dos rapaces (cárabo común y búho real) se distribuyen en amplios y similares ambientes. Ello permite describir un mosaico paisajístico en la Sierra de Atapuerca formado por bosques semiabiertos, posiblemente de ribera, zonas abiertas cercanas a bosques y roquedos. Puesto que los hábitat preferenciales de las dos rapaces son muy semejantes, no es posible observar cambios significativos en el paisaje a través del predador durante la formación de TE-LRU de Sima del Elefante. Ello permite afirmar la existencia de una cierta constancia durante dicha formación.

Finalmente, y como criterio de contrastación de la interpretación paleoecológica realizada en base a la tafonomía, es posible utilizar el hábitat

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

representado por la taxonomía de los micromamíferos, la herpetofauna, la avifauna y los macromamíferos de la fase TE-LRU de Sima del Elefante. De este modo, los estudios paleoecológicos realizados hasta el momento en base a los taxones de roedores e insectívoros sugieren la existencia de un paisaje fluvial o lacustre y una sucesión de eventos climáticos cálidos y fríos en TE-LRU (Cuenca-Bescós y Rofes, 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2004; Rofes y Cuenca-Bescós, 2006; Cuenca-Bescós y García, 2007; Rofes, 2009). Además, los restos arqueobotánicos y faunísticos indican, como hemos visto, la presencia cercana de praderas, posiblemente húmedas, semiabiertas o abiertas y bosques semiabiertos (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006; F. Burjachs, I. Expósito, H. A. Blain, com. pers.) (capítulo 8). Según toda la información paleoecológica disponible hasta el momento, las inmediaciones de la Sierra de Atapuerca entre 1,2 y 1 Ma. presentaba un bioma de bosque semiabierto de ribera, o grandes extensiones de agua más o menos permanentes, con praderas abiertas cercanas. El clima debía ser mayoritariamente templado (Rodríguez *et al.*, 2010).

De este modo, es posible afirmar que los datos paleoambientales aportados en esta Tesis son coherentes con los ofrecidos por otras disciplinas.

A través de las modificaciones postdeposicionales observadas en los fósiles se han podido identificar las características microambientales. Éstas indican unas condiciones similares para toda la secuencia estudiada. Así, en todos los niveles se han detectado deposiciones de óxido de manganeso, coloración blanca relacionadas con la intervención de bacterias, agrietamientos, evidencias de pisoteo y redondeamientos, aunque en diverso grado de alteración. Si bien los redondeamientos no están presentes en TE12. Estas modificaciones son las que se presentan con mayor asiduidad en los restos. En cambio, otras alteraciones como la disolución, los surcos por raíces, la descamación, la corrosión química y la meteorización, tienen una presencia esporádica en algunos niveles.

A continuación se discutirán e interpretarán cada una de las diversas alteraciones halladas en Sima del Elefante. También se valorará el grado de modificación en cada nivel y las posibles relaciones existentes entre las alteraciones de un mismo conjunto. Para ello se utilizará el diagrama de las modificaciones postdeposicionales que sigue a continuación (Figura 9.54), elaborado en base a los porcentajes de elementos alterados respecto al total de restos estudiados en cada uno de los niveles. Además, se ha añadido la zonación según análisis de *clusters* (Grimm, 1987), paquete estadístico incluido en el programa TGView 2.0.2 (Grimm, 2004).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La mayor parte de las alteraciones halladas a lo largo de la secuencia (especialmente en TE9) está estrechamente relacionada con el microambiente de cueva, caracterizado por la escasa presencia de luz y por un alto grado de humedad. Estas condiciones cavernarias también son observables a través de los palinomorfos no polínicos, principalmente algas y hongos, presentes, sobre todo, en TE9 (capítulo 8) (F. Burjachs e I. Expósito, com. pers.).

Estadísticamente, TE9 es diferente al resto de niveles de la Fase I de Sima de Elefante (zona A, Figura 9.54). A la vez, en el mismo nivel, existen más similitudes en TE9c y TE9b (zona A1) respecto a TE9a (zona A2). Este nivel (destacando el subnivel TE9b) es el que aporta mayor número de restos y registra el mayor número de alteraciones tafonómicas y en porcentajes más elevados. Aunque existe una excepción: el porcentaje de elementos alterados por óxidos de manganeso, tradicionalmente relacionados con la humedad, es menor en TE9 que en el resto de niveles. Ello, como veremos unas páginas más adelante, podría estar relacionado con la presencia de la alteración blanca por bacterias que con un menor grado de humedad.

Alteraciones postdeposicionales de TE-LRU

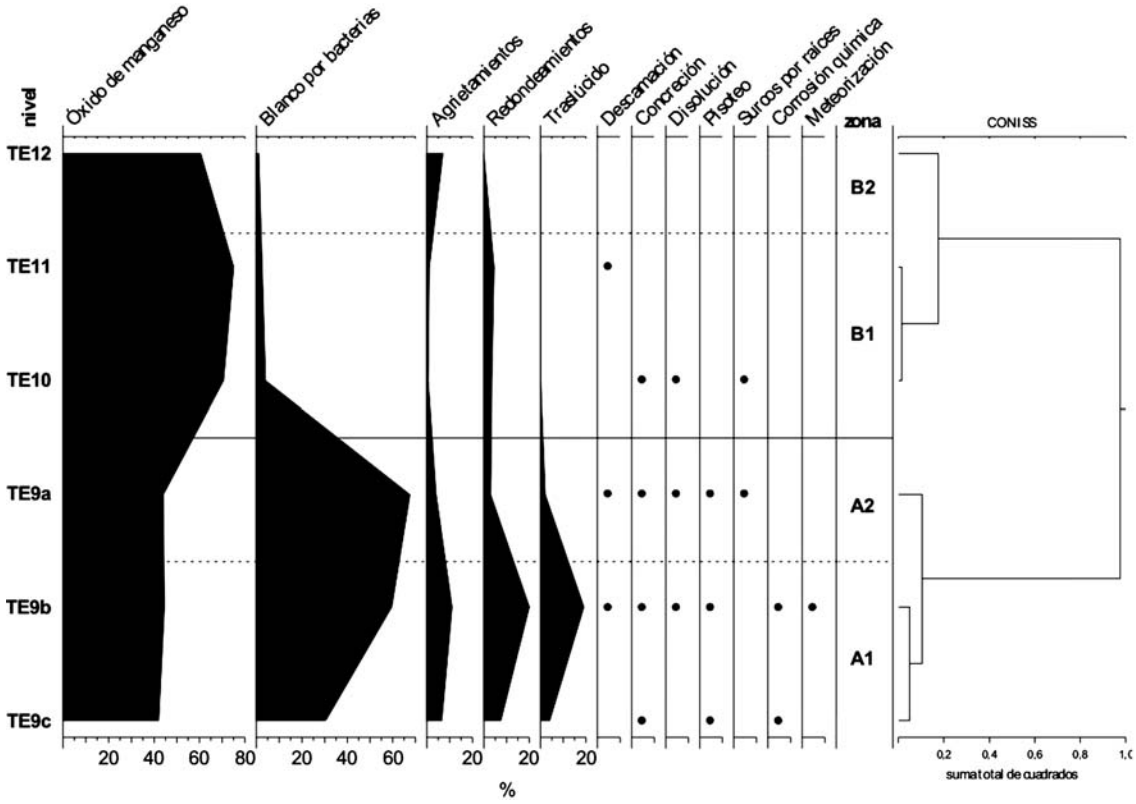

Figura 9.54. Diagrama de las modificaciones postdeposicionales en base al porcentaje de elementos alterados en cada nivel de Sima del Elefante. • presencia. (Diagrama: I. Expósito/IPHES).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Es importante apuntar que únicamente los restos de TE9 tienen alteración traslúcida. El subnivel con mayor presencia de esta alteración es TE9b, donde también destacan los elementos alterados por redondeamientos y agrietamientos (Figura 9.54). Este aspecto traslúcido parcial o total de los restos del nivel TE9 pueden estar relacionados con variaciones en la proporción del P y el Ca de los restos por alteraciones químicas del sedimento (Y. Fernández-Jalvo, com. pers.). Sin embargo, y a la espera de futuros análisis, se considera esta alteración de origen desconocido.

Aunque todos los predadores identificados poseen la capacidad de anidar o reposar en roquedos o suelos rocosos, abrigos o pequeñas voladuras (Mikkola, 1983; Andrews, 1990). Las alteraciones que presentan algunos de los restos estudiados indican que no han sido producidos en la cavidad, sino que han sido objeto de un proceso de transporte desde el lugar de deposición hacia la cavidad. Así, los conjuntos de micromamíferos de los niveles estudiados están resedimentados, así como gran parte de los restos de macrovertebrados (Huguet, 2007). Este transporte puede realizarse por procesos mecánicos hídricos o gravitacionales.

En los niveles inferiores de Sima del Elefante, exceptuando TE12, es común hallar alteraciones por redondeamiento producidos por abrasión hídrica. Generalmente, afecta a un bajo porcentaje de restos y suele localizarse de manera muy aislada en los restos. La excepción es TE9b, ya que el redondeamiento es muy elevado y está relacionado, frecuentemente, con pulido.

Habitualmente, las modificaciones por abrasión no son abundantes ni frecuentes en micromamíferos. Según trabajos experimentales realizados en micromamíferos, la menor abrasión de estos restos está producida por la fricción de limos y arcillas o arenas finas en suspensión sobre la superficie de los huesos frescos. Este proceso, llevado a cabo durante un corto periodo de tiempo provoca el redondeamiento de los bordes anatómicos de los huesos y del esmalte y la dentina de los dientes (Andrews y Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). Además, los restos de pequeño tamaño pueden transportarse en suspensión, por lo que las evidencias de abrasión suelen ser escasas e incluso nulas (Andrews y Fernández-Jalvo, 1992).

El recubrimiento parcial o total de los restos en el momento del transporte o, incluso, el nivel o estado de cohesión de las egagrópilas, son factores a tener en cuenta en el grado de alteración por abrasión. La presencia de todos los restos esqueléticos en las muestras, inclusive los de menor tamaño, como costillas y todo tipo de autópodos de roedor, puede tener relación con la entrada de egagrópilas más o menos cohesionadas. Ello no significa que no exista una pérdida de algunos restos, puesto

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

que el número de elementos hallados es menor al esperado para los individuos contabilizados, debido a un sesgo común entre los micromamíferos. Suponiendo que las egagrópilas estaban parcialmente disgregadas durante el transporte, sólo los restos que estuvieran expuestos al agua y a las partículas erosivas que transportaría, podrían presentar alteración por abrasión.

En egagrópilas descompactadas y parcialmente disgregadas, se desprende, frecuentemente, un pequeño porcentaje de restos. Estos elementos, desprovistos del recubrimiento de materia orgánica que proporciona la egagrópila, podrían ser objeto de otras alteraciones antes de su entrada en la cavidad. De este modo, los pequeños porcentajes de alteración por raíces de plantas de TE9a y TE10 y por exposición subaérea de TE9b (Figura 9.54), podrían estar relacionados con esos elementos desprendidos y desprotegidos de las egagrópilas antes del transporte. Ello, además, está en consonancia con el origen exocárstico de los sedimentos (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006) y de parte de los restos contenidos en ellos.

Una parte del pisoteo, que pudo llevarse a cabo mientras los restos estaban todavía albergados en las egagrópilas y en el nido de la rapaz, puede tener un importante papel en el proceso de descompactación de las egagrópilas. Como hemos dicho, estos animales suelen construir o reparar sus nidos utilizando ramas secas, hojas, y, con frecuencia, las propias egagrópilas u otros desechos alimenticios. Así el tránsito de los individuos en el nido originaría fracturas y estrías, produciendo una primera descompactación y disgregación de la egagrópila. No obstante, no se descarta que las fracturas por pisoteo se den también una vez los restos están depositados en el sustrato.

El proceso de descompactación e inicial disgregación de las egagrópilas podría completarse durante el transporte, según el grado de compactación previo de las egagrópilas y tiempo de exposición a la abrasión (Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). Estos autores sugieren que las menos compactas se disgregan con facilidad, mostrando ligeras alteraciones en los restos, mientras que las egagrópilas más compactas pueden iniciar la disgregación después de una larga exposición a la abrasión (34h.). Los restos contenidos en estas últimas, no mostrarían ningún tipo de alteración en la superficie.

Así, son diversos los factores que pueden estar relacionados con la escasa alteración de los restos de micromamíferos por abrasión hídrica: la baja energía de las corrientes hídricas, el pequeño tamaño de las partículas erosivas, el poco tiempo de exposición, el transporte en suspensión y el grado de compactación de las egagrópilas. Estos factores no son excluyentes entre sí, por lo que todos se pueden haber combinado en el proceso de alteración por abrasión de los fósiles de TELRU.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Para apoyar la hipótesis del aporte hídrico, nos podemos sustentar en las distribución de los restos. Las muestras utilizadas en los subniveles de TE9 pertenecen al cuadro K31, situado en la zona más proximal del hipotético talud cónico de origen gravitacional propuesto en Rosas y colaboradores (2004; 2006). Sin embargo, entre los restos de estas muestras se han hallado todos los elementos esqueléticos de micromamíferos representados, desde los más grandes hasta los más pequeños. Además, en los trabajos de campo en el nivel TE9 se observa una distribución espacial de restos de microvertebrados uniforme en la superficie del horizonte y en la potencia de cada subnivel. Así, no se ha detectado una distribución de restos de micromamíferos diferencial entre la zona Norte y Sur de la excavación y, por tanto, de la pendiente. Si la entrada fuera de origen gravitacional, probablemente no sería posible observar una distribución homogénea, sino que se observaría una concentración de restos en un punto de la cavidad. Esta disposición diferencial aumentaría si el horizonte donde se depositase presentara inclinación, puesto que los restos y/o egagrópilas tenderían a una concentración diferencial según su peso y forma en algún punto más o menos alejado de la entrada de los sedimentos. Todo ello, junto con las alteraciones en la superficie de los restos, permite descartar la hipótesis del origen gravitacional para el transporte principal de micromamíferos.

Así, la mayor parte de los restos de TE9, TE10 y TE11 habrían sido transportados por medios hídricos hacia el interior de la cavidad. Sin embargo, no se descarta un posible aporte gravitacional ocasional. Parte de los restos, como el esqueleto de castor y de pigardo hallados en conexión anatómica en el nivel TE10 y el caparazón de tortuga en buen estado de conservación del nivel TE14, indican una aportación gravitacional con el sedimento (Huguet, 2007). Los diferentes flujos hídricos detectados podrían ser de baja energía. Posiblemente, y en base a la uniformidad taxonómica y tafonómica de los niveles estudiados podrían ser más o menos constantes en un período de tiempo determinado. Ello supondría que el enterramiento de dichos restos podría ser relativamente rápido.

Las alteraciones por redondeamiento son, en general, más numerosas en TE9 (zona A) que en TE10 y TE11, agrupadas en la zona B1 (Figura 9.54). Con los presentes datos y análisis, es difícil argumentar el mayor porcentaje de alteración por abrasión presente en TE9b respecto al resto de niveles (Figura 9.54). Ello podría estar relacionado con una mayor exposición de los restos de las egagrópilas en el momento del transporte (mayor grado de disgregación), con el transporte desde puntos más alejados o con movimientos internos en la cavidad. Como hemos visto, en este nivel se registra el mayor número de elementos de micromamíferos de la secuencia estratigráfica y se ha identificado, además, la presencia de una mezcla de predadores.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

De este modo, se puede proponer la hipótesis de que la mezcla de los conjuntos producidos por varios predadores tuviera lugar en el momento del transporte.

El nivel TE12 sería el único de la secuencia estudiada que no se habría formado por transporte hídrico, por lo que se sitúa en una rama diferenciada de los niveles TE10 y TE11 (zona B2, Figura 9.54) en la zonación de *clusters*. Ninguno de los restos del este nivel posee alteración por abrasión. Este nivel está formado por una sucesión de coladas detríticas de carácter gravitatorio, con importantes cambios laterales. Así, es factible pensar que los restos de micromamíferos fueron aportados por transporte gravitatorio hacia el interior de la cavidad junto con los sedimentos.

Según los trabajos tafonómicos realizados, los restos de macrovertebrados de TE12 no presentan modificaciones relacionadas con el transporte hídrico (Huguet, 2007). Esta autora afirma que la mayoría de los restos de los niveles de la fase inferior de Sima del Elefante, también en posición secundaria, habrían llegado hacia la cavidad gravitacionalmente, lo que refuerza la hipótesis de la multifactorialidad del origen de los restos (Huguet, 2007).

Actualmente, una de las discusiones más importantes de Sima del Elefante versa sobre el origen de la inclinación de los sedimentos de las unidades inferiores. La primera de las hipótesis defiende el origen primario de los sedimentos. De este modo, los sedimentos entran en la cavidad gravitacionalmente, creando un talud de forma cónica (Rosas *et al.*, 2004; 2006). En contraposición a ésta, se halla la hipótesis que defiende el origen secundario de los sedimentos. La inclinación del paquete se argumenta mediante la erosión y posterior deformación de los niveles inferiores (Rosas *et al*., 2001). Los resultados del estudio tafonómico sobre los micromamíferos pueden aportar información sobre el origen de la inclinación. Así, las alteraciones tafonómicas observadas en los restos de micromamíferos indican que la entrada de los restos de micromamíferos se produjo por mecanismos hídricos junto con parte del sedimento. Además, no se observa en el nivel TE9, una distribución espacial diferencial de los restos de micromamíferos que indicase una entrada por gravitación. De este modo, según los datos de esta Tesis, es posible apoyar la hipótesis que postula que el origen del talud descrito en la fase inferior de Sima del Elefante está relacionado con una discordancia secundaria. Además, el modelo espeleogenético de este yacimiento sustenta esta hipótesis (Ortega, 2009). Según este estudio, Sima del Elefante estaba en conexión con el nivel inferior del carst cuando circulaba una carga de gravas que debió ocasionar el vaciado y remoción de los sedimentos inferiores de Elefante. Además, es posible observar la discontinuidad que muestran algunos estratos

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

y la existencia de deformidades y fracturas. Una de las deformidades más llamativas es la que se puede observar en la zona Norte de los niveles TE13 y TE14.

La existencia de ambientes húmedos, anaeróbicos y sépticos en diversos momentos de la fosilización se evidencia por la intensa actividad bacteriana que presentan los restos. Esta actividad se puede observar en todos los niveles de Sima del Elefante aunque existen diferencias en el tipo de bacterias que la originan y en la intensidad de la alteración (Figura 9.54).

Se han observado dos alteraciones relacionadas con la actividad de microorganismos en la superficie de los restos de Sima del Elefante: alteraciones blancas y las deposiciones de óxidos de manganeso. Probablemente, estas dos alteraciones afectan a la superficie de los restos en dos momentos diferentes. Las primeras, afectan únicamente a los restos de microvertebrados, por lo que se asocia, como ya hemos visto (capítulo 4), al proceso de predación de estos restos y con el posterior contacto con los desperdicios alimenticios del nido. Posiblemente las bacterias se albergaron en la egagrópila durante su permanencia en el nido, mientras estaban total o parcialmente cohesionadas, y pudieron continuar con el proceso de alteración durante la descomposición total de las egagrópilas. Puesto que no existe ninguna traza o señal semejante en los restos de macrovertebrados, es factible pensar que las bacterias habían finalizado el proceso de alteración con anterioridad a su deposición en el sustrato junto con los restos de mayor tamaño. Si, por el contrario, estas bacterias hubieran estado presentes en la deposición de los restos, sería lógico esperar su presencia también en los restos de macromamíferos.

La coloración blanca relacionada con la actividad de estas bacterias son especialmente abundantes en los niveles TE9b y TE9a (zona A, Figura 9.54), mientras que en los niveles superiores de TELRU, el porcentaje de aparición de esta alteración decrece, siendo casi testimonial en TE10, TE11 y TE12 (agrupados por similitud en la zona B de la figura 9.54).

Al contrario de lo que sucede en los niveles con presencia de alteración blanca, las precipitaciones de manganeso aparecen en todos los niveles en elevados porcentajes, aunque son especialmente abundantes en los niveles TE10, TE11 y TE12 (zona B, Figura 9.54). Además, los óxidos de manganeso sí se observan en la superficie de los macrovertebrados fósiles de los diferentes niveles de Sima del Elefante (Huguet, 2007). Las deposiciones de óxidos de manganeso, común en tafosistemas cársticos, indican la existencia de un ambiente de deposición húmedo y anaeróbico o con ciclos de variación del oxígeno (Dorn y Oberlander, 1981; Courty, *et al.*, 1989).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A pesar de que estas alteraciones tengan un origen similar, se ha observado una aparición diferencial en los elementos alterados y sobre la superficie alterada, así como una distribución porcentual diferente entre los diversos niveles de Sima del Elefante. En primer lugar, se ha observado, sobre todo en el nivel TE9, donde las dos alteraciones son abundantes, que no es frecuente que ambas alteraciones aparezcan en un mismo fósil. En segundo lugar, y cuando las dos alteraciones aparecen sobre un mismo resto no existe superposición de estas alteraciones. Así, donde aparecen manchas de color blanco, no precipitan los óxidos de manganeso. De este modo es posible deducir que los óxidos de manganeso precipitaron con posterioridad a la aparición de las afloraciones de color blanco.

Por último, en los niveles donde el porcentaje de las alteraciones blancas es muy alto (niveles TE9b y TE9a), disminuye el porcentaje de alteración de los óxidos de manganeso. En cambio, los niveles, donde existe una baja representación de las coloraciones blancas, aumenta la precipitación de óxidos de manganeso (Figura 9.54). Por un lado, cabe la posibilidad de que no exista ninguna relación entre ellas y, simplemente que los niveles TE9c, TE10, TE11 y TE12 posean mayores concentraciones de humedad o mayor reducción de oxígeno. Sin embargo, la presencia de otras alteraciones, como por ejemplo el elevado porcentaje de redondeamientos relacionados con aportes hídricos en TE9b, indicaría la existencia de ambientes húmedos, por lo que cabría esperar aquí mayores porcentajes de manganesos.

Por otro lado, cabe la posibilidad de que sí exista una relación entre ambas alteraciones, tal y como sugiere la ausencia de superposiciones. De este modo, las bacterias relacionadas con los óxidos de manganeso reducirían su intervención en los niveles donde las otras bacterias hubieran intervenido intensamente, independientemente de las condiciones ambientales de la cavidad. No obstante, debemos tener en cuenta que en todos los niveles de TE-LRU se ha detectado la intervención de óxidos de manganeso en más del 40% de los restos, por lo que la presencia de ambientes húmedos y/o donde predominaban los ciclos de oxidación y reducción eran constantes en TE-LRU. Además, actualmente no se conoce el mecanismo de alteración de las bacterias que forman la altercación blanca, por lo que requiere de análisis y estudios más extensos en un futuro.

Los cambios de temperatura y grado de humedad en este microambiente de cueva se apoya también en la presencia de agrietamientos. Asimismo, algunos fósiles poseen disoluciones, concreciones y depósitos de calcita en el interior de la diáfisis, indicando un ambiente húmedo con goteo, seguidos de momentos de desecación.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Estas alteraciones, especialmente abundantes en TE9, se mantienen de forma más o menos constante a lo largo de la secuencia. Cabe destacar que en el nivel TE12 se ha registrado un ligero descenso de los óxidos de manganeso y un aumento de los agrietamientos, que podría estar relacionado con un leve descenso del grado de humedad.

En los escasos elementos de TE14 sólo se han observado dos alteraciones, ambas de origen postdeposcional: los óxidos de manganeso aislados en una pequeña parte de los fósiles y las concreciones generalizadas en la superficie de los restos de la muestra superior (z: 1050-1060). Ambas alteraciones están relacionadas con un ambiente endocárstico. Las concreciones generalizadas en la parte superior del nivel pueden estar relacionadas con condiciones de elevada humedad seguido de un período de desecación.

En general, estas condiciones ambientales endocársticas de fuerte humedad con encharcamiento no debieron favorecer la ocupación de la cavidad por parte de los homínidos, al menos en momentos puntuales como los observados en TE9 y TE10. Si bien desconocemos los momentos y el grado de apertura de la cavidad, suponemos que debía estar abierta para dejar entrar los sedimentos de origen exocárstico. Sin embargo, la entrada debería ser lo suficientemente pequeña para no permitir el saneamiento de la cavidad. En este sentido, Huguet (2007) sugiere que la representación taxonómica y las alteraciones halladas en los restos del nivel 12 puedan tener relación con la entrada puntual de carnívoros en busca de recursos alimenticios. Éstos quedaron atrapados en la cavidad, que pudo funcionar como trampa natural. En este caso, es importante señalar que se trata de incursiones puntuales de pequeños cánidos y félidos que, a pesar de su pequeño tamaño, quedaron atrapados en el interior de la cueva.

Así, aunque la presencia de los grupos homínidos en la Sierra de Atapuerca entre 1,2 y 1 Ma. se ha documentado en Sima del Elefante a través de la industria lítica y de los huesos con marcas de corte o fracturación de origen antrópico recuperados (Huguet, 2007), y sobre todo a través de la mandíbula de *H. antecessor* hallada en TE9 (Carbonell *et al.*, 2008; Bermúdez de Castro *et al.*, 2009), la cavidad no debió ser ocupada. Los estudios tafonómicos realizados recientemente sobre los restos de macromamíferos de estos niveles apuntan que la escasez de restos de fauna de tallas medias y grandes con alteraciones relacionadas con la actividad humana, los escasos restos de industria lítica en la secuencia, y la escasez de remontajes entre los restos de fauna y los de lítica sugieren una baja actividad de los homínidos (Huguet, 2007). De esta manera, la autora descarta la hipótesis de ocupación de la cavidad,

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

aunque estos restos recuperados formarían parte de un asentamiento localizado en las inmediaciones de la misma.

A lo largo de la descripción diacrónica realizada, se ha discutido el ambiente paleoecológico de la Sierra de Atapuerca durante la formación de TE-LRU y el ambiente de la cavidad durante la fosilización de los restos. Según las rapaces identificadas en la secuencia estudiada, se ha inferido un paleoambiente formado por bosques semiabiertos o de ribera, zonas abiertas cercanas a estos bosques y roquedos. Por su parte, las alteraciones postdeposicionales observadas en los niveles inferiores de Sima del Elefante han permitido definir el tipo de aporte de los elementos y el ambiente de la cavidad. Así, la mayor parte de los restos son introducidos en la cavidad por flujos hídricos de baja energía (excepto en el nivel TE9b, que podrían presentar energía más significativa y en TE12, donde el aporte podría ser únicamente gravitacional) en cortos períodos de tiempo.

Finalmente, la similitud hallada entre los taxones de micromamíferos representados, los predadores mayoritarios definidos y las modificaciones de carácter postdeposicional permiten afirmar que el paquete TE-LRU posee cierta continuidad. De este modo, no es posible observar ningún tipo de evolución o degradación ambiental en la secuencia.

Recopilando lo anteriormente expuesto del tafosistema de los niveles inferiores de Sima del Elefante, es importante destacar que el origen de los restos de micromamíferos fósiles está relacionado con la predación. Los predadores identificados sugieren que el ecosistema que rodeaba Sima del Elefante durante el Pleistoceno Inferior estaba formado por un mosaico de paisajes: bosques semiabiertos, posiblemente de ribera, zonas abiertas cercanas a bosques y roquedos.

Todos los predadores identificados poseen hábitos de caza oportunistas, permitiendo afirmar que el sesgo realizado en la representación de las presas consumidas es bajo.

La formación de los niveles estudiados está relacionada con diversos aportes hídricos de origen exocárstico, exceptuando el nivel TE12, donde la aportación más importante sería gravitacional. La elevada humedad de la cavidad no favoreció la ocupación por parte de los homínidos que habitaban en las inmediaciones de la Sierra de Atapuerca.

Además, el origen hídrico de los micromamíferos ha permitido apoyar la hipótesis que argumenta que la inclinación detectada en el paquete sedimentario

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

podría deberse al colapso de las unidades inferiores y posterior deformación de las unidades superiores.

Las características descritas en esta discusión diacrónica serán retomadas en la discusión general (capítulo 12) y en las conclusiones (capítulo 13) de esta Tesis Doctoral.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 10

Gran Dolina

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

10.1. Marco histórico de las intervenciones

Gran Dolina es una cavidad de origen freático, estructurada a partir de una diaclasa con dirección ESE-WNW. El relleno colmatado de esta cavidad posee 18 m. de altura y se divide en 11 unidades estratigráficas (Gil *et al.*, 1987; Parés y Pérez-González, 1998; 1999, Pérez-González *et al.*, 2001) (Figura 10.3). Este relleno, descubierto por la Trinchera del Ferrocarril en el s. XIX, se conoce como BU-IV.A.16 (Martín Merino *et al.*, 1981). Frente a estos sedimentos, al otro lado de la Trinchera, es posible observar otro relleno colmatado denominado Trinchera Penal (nombrado BU-IV.A.17 en Martín Merino y colaboradores, 1981). Cabe la posibilidad de que estos dos rellenos sedimentarios de ambos lados de Trinchera estén correlacionados (Fernández-Jalvo, 1992, 1995; Rosell, 1993).

La primera intervención en este yacimiento fue en 1976, cuando Trinidad Torres realizó una pequeña cata en la parte inferior del yacimiento (en la unidad TDW4), donde aparecieron restos de úrsidos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Dos años después, un equipo dirigido por Emiliano Aguirre inició las labores de acondicionamiento del yacimiento para su posterior excavación. En 1981 se inició la excavación en extensión de este yacimiento, que abarcaba una superficie de 20 m^2. Entre los años 1982 y 1988 se llevaron a cabo estudios paleomagnéticos preliminares, muestreos polínicos y revisiones estratigráficas (Carracedo *et al.*, 1987; Gil *et al.*, 1987; Carbonell *et al.*, 1999a).

En la sección de Gran Dolina existe una gran piedra caliza que divide la parte inferior del relleno en dos zonas. Estas dos zonas se diferencian a partir del punto cardinal teórico donde se sitúan: TDE (este) y TDW (oeste), que se corresponde con el Sur y Norte geográfico respectivamente (Figura 10.2a). Se debe tener en cuenta que la referencia de este punto cardinal utilizado en los trabajos de Gran Dolina es siempre teórico y que, en esta Tesis, y con la finalidad de diferenciarlos de los puntos geográficos, se nombrará en minúscula.

Durante los primeros años de la década de los 90 se interviene una pequeña área de TDW4 (25 m^2), donde se hallan restos de industria y fauna, y se realizan intervenciones puntuales y muestreos en Trinchera Penal. En 1993, en el sector este del nivel TD10, se inició un sondeo bioestratigráfico de unos 6 m^2 (cuadros de G a I y de 16 a 18) (Figura 10.1 y Figura 10.4). El objetivo de este sondeo era llegar hasta la base del relleno para conocer las características estratigráficas y el potencial arqueo-paleontológico de los 18 m. del depósito.

Durante la campaña de excavación de 1994, en el subnivel TD6-2, también conocido como el estrato Aurora, se recuperó un amplio registro de restos humanos. El estudio paleoantropólogico realizado determinó la pertenencia de los individuos representados a una nueva especie, bautizada con el nombre de *Homo antecessor* (Bermúdez de Castro *et al.,* 1997).

Mientras se continuaba excavando el sondeo bioestratigráfico a la altura del nivel TD5, en el año 1996 se retomaron los trabajos de excavación en extensión en la parte superior de Gran Dolina. En 1997 se alcanzó al techo del nivel TD10 en una superficie de 85 m^2. Este nivel está siendo excavado en la actualidad (Figura 10.1 y 10.5). En 1999, en el nivel TDE5, finalizó el sondeo bioestratigráfico puesto que es el último nivel con sedimento exocárstico en la zona este del relleno.

En la sección oeste del depósito existían varios voladizos que fueron intervenidos en 2001, al margen de la dinámica general de la excavación. De este modo, entre los años 2003 y 2005, en la zona suroeste de Gran Dolina, se han ido excavando los niveles TD7 y TD8 que han aportado registro paleontológico de gran

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

interés. Actualmente, en el nivel TD6 se sigue en proceso de excavación de unos 14 m^2, ofreciendo, en cada campaña, numerosos restos líticos y paleontológicos, entre los que abundan los restos de *Homo antecesor* (Figura 10.6).

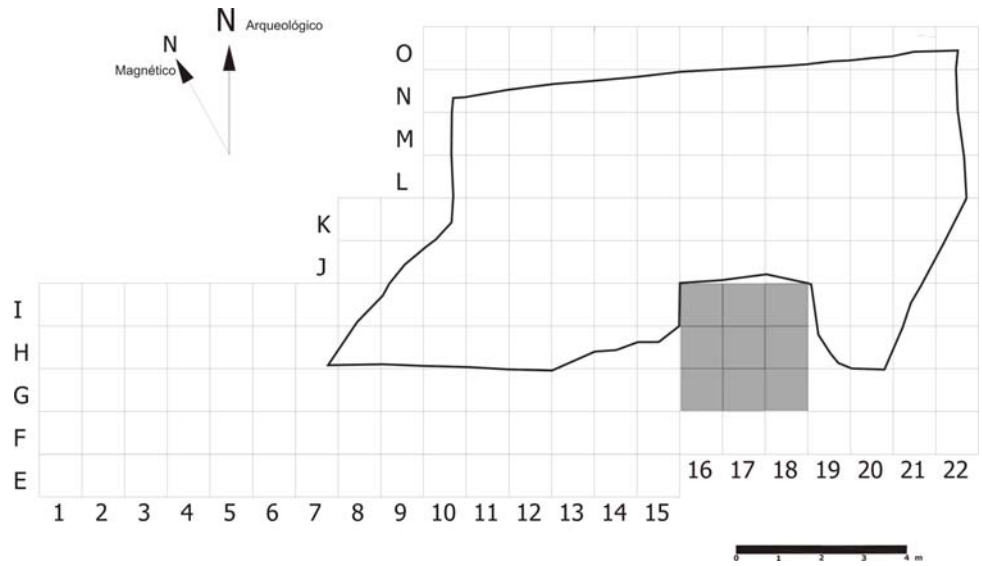

Figura 10.1. Planta actual de TD10. En gris se ha marcado el sector excavado durante el Sondeo bioestratigráfico. Modificada de la planta topográfica realizada por R. Pérez.

10.2. Marco geológico y estratigráfico

El relleno de Gran Dolina posee 18 m. de altura y está dividido en 11 unidades estratigráficas (TD1-TD11, de base a techo) (Gil *et al.*, 1987). Estas unidades están agrupadas en tres grandes fases sedimentarias (Hoyos y Aguirre, 1995):

- Una primera fase endocárstica, a la que corresponden los sedimentos de TD1 y TD2. Estos sedimentos no poseen comunicación con el exterior, sino que están relacionados con un sistema de cavidad interna.

- Una segunda fase de conducto abierto al exterior, con depósitos de cueva con génesis relacionada con las condiciones climáticas exteriores (TD3 a TD9).

- Una tercera fase exocárstica, a la que corresponden los niveles TD10 a TD11. Éstos indican que la apertura cenital de la cavidad en la vertical, aunque lateralmente esta cavidad se prolongue hacia el interior del carst.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La primera estratigrafía de este yacimiento fue definida por Gil y colaboradores (1987), aunque ha ido sufriendo modificaciones a medida que avanzaban los trabajos de excavación. En esta Tesis se ha utilizado la estratigrafía publicada por Parés y Pérez-González (1998; 1999) y Pérez- González y colaboradores (2001) (Figura 10.2).

Como hemos dicho, en la parte inferior existe un bloque que divide la parte inferior del relleno, condicionando la formación de los depósitos de la base y dividiendo la cavidad en dos zonas. A partir de los puntos cardinales teóricos establecidos para la excavación arqueológica, se ha diferenciado los rellenos entre TDE y TDW, que se corresponden al Sur y Norte geográfico respectivamente. La utilización de esta nomenclatura al tratar los depósitos sedimentarios inferiores (TD1, TD2, TD3, TD4 y TD5) es imprescindible para determinar su localización ya que la relación de los depósitos de ambos lados no es fácil de establecer (Pérez-González *et al.*, 2001). El primer paquete sedimentario continuo en todo el depósito es la parte superior del nivel TD5.

A continuación se describen las unidades estratigráficas expuestas en la sección del yacimiento según la formación geológica.

El nivel TDW1, en la zona oeste, de unos 50 cm. de potencia y su composición litológica es similar a su homólogo en la zona este. Sin embargo, TDW1 presenta mayor deformación por sobrecarga.

El depósito sedimentario de TDW2 presenta una potencia de cerca de 45 cm. Está compuesto por una brecha caliza de matriz arcillosa. Posee bloques y fragmentos de espeleotema de origen gravitacional que tienden a acumularse en el techo. Estos bloques indican el inicio de la apertura de la cavidad de al exterior. La formación de esta unidad coincide con el descenso del nivel freático.

Por encima de TDW2 se deposita el primer conjunto en el que dominan los sedimentos exógenos. Se trata de la unidad TDW4, que posee una potencia de aproximadamente 2 m. y los restos arqueopalentológicos más antiguos de Gran Dolina (Carbonell y Rodríguez, 1994; Rosell, 2001, Carbonell *et al.*, 2001; Rodríguez Álvarez, 2004b; Huguet, 2007). En la unidad TDW4 se distinguen dos fases diferentes. En la base se observa un paquete homogéneo, llamado TDW4. Este depósito está compuesto por una matriz lutítica con bloques angulosos. Se sitúa directamente sobre la costra estalagmítica de TDW2, erosionándola. La fase superior, llamada TDW4b, está compuesta por la alternancia de niveles microconglomerados poco compactos con niveles de lutitas rojizas y bloques de caliza dispersos. El

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

conjunto de la unidad TDW4 también se conoce como TD3-TD4 en algunas publicaciones, puesto que los sedimentos adscritos en un origen al nivel TDW3, corresponden a sedimentos de TDW4 acumulados entre los intersticios de los bloques de TDW2.

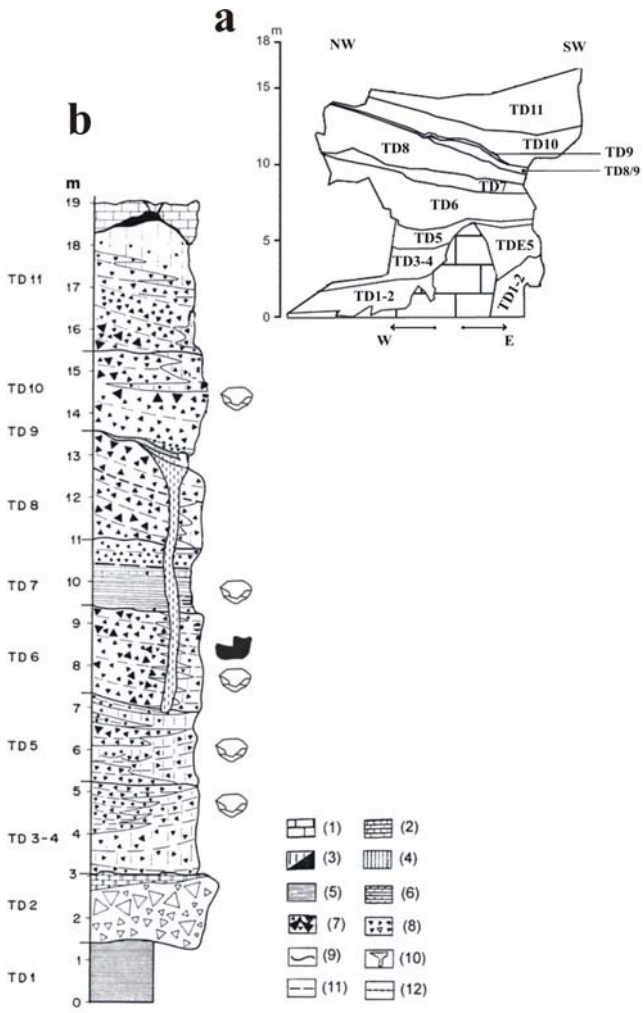

Figura 10.2. Sección y litoestratigrafia de Gran Dolina. **a**. Sección (E y W refieren a puntos teóricos). **b**. Litoestratigrafía. Leyenda: 1. Caliza del Mesozoico, 2. Espeleotemas, 3. Lutitas/arcilla, 4. Guano, 5. Arcillas laminadas, 6. Calcarenitas, 7. Gravas y cantos, 8. Caída de bloques, 9. Discontinuidad estratigráfica principal, 10. Discordancia secundaria, 11., Límite Matuyama-Brunhes, 12. Desaparición de *Mimomys savini*. Nivel con industria lítica. Nivel con restos humanos (Modificada de Berger *et al.*, 2008).

El nivel TDW5 posee una potencia de aproximadamente 1 m. Se separa del nivel precedente por una caída de bloques angulosos superiores a los 30 cm. de longitud. Al igual que la unidad anterior (TDW4b), está formada por niveles de lutitas rojizas alteradas con niveles de microconglomerados que sugieren la existencia de flujos de agua en el interior de la cavidad.

En la base de la zona este de la masa rocosa se halla TDE1. La potencia sedimentaria de TDE1 es de unos 110 cm. y su depósito, correspondiente a facies de interior de cueva, está formado por un conjunto de laminaciones de limos y arenas

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

muy finas, de un color amarillento a marrón. Éstas son el resultado de un transporte en suspensión por los efectos de un régimen hídrico de muy baja energía.

También con facies de interior de cueva se halla el nivel TDE2. Éste posee una potencia de unos 60 cm. Su depósito sedimentario presenta un aspecto caótico y se compone de lutitas con intercalaciones de limos verdosos y amarillentos. Contiene bloques calcáreos y fragmentos de espeleotemas caídos desde el techo y las paredes de la cavidad (como en TDW2). Estos se intercalan con los materiales finos y se hacen progresivamente más abundantes hacia el techo.

Por encima del nivel TDE2 no se ha evidenciado la existencia de ningún paquete sedimentario con suficiente entidad propia hasta llegar al TDE5. Este nivel presenta una potencia de unos 150 cm. El depósito de la zona este del relleno es de origen exocárstico. Su matriz está compuesta por lutitas y arenas que contienen bloques soportados. Hasta el momento se han distinguido 4 subunidades diferentes separadas entre sí por cicatrices continuas (de d hasta a, de base a techo) (Huguet, 2007).

- TDE5d: Este subnivel es el primero con relleno de sedimentos exocársticos. Este subnivel está compuesto de una matriz de arcillas plásticas ocres con clastos escasos con micritas, estalactitas y bandas de arcillas rojas muy puras.
- TDE5c: Esta subunidad posee una matriz sedimentaria de arcillas rojas con clastos y micritas.
- TDE5b: El techo de este subnivel está marcado por una costra muy dura formada por aglomerados de arenas, bloques de caliza y espeleotemas. En la base de la costra aparecen arenas finas masivas pardo-amarillentos, y limos ocres compactados y sueltos. De forma puntual se ha registrado la presencia de bloques de grandes dimensiones.
- TDE5a: Este subnivel presenta una matriz de arcillas pardo-rojizas plásticas con clastos. Hacia la sección norte (teórico) de la excavación se ha documentado una zona encostrada posiblemente por el goteo existente en el interior de la cavidad.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Figura 10.3. Vista general del yacimiento de Gran Dolina durante las primeras intervenciones arqueológicas. (Foto: J. Trueba/MSF).

Figura 10.4. Detalle de la excavación del sondeo de Gran Dolina en su paso por el nivel TD6 en el año 1994. (Foto: EIA).

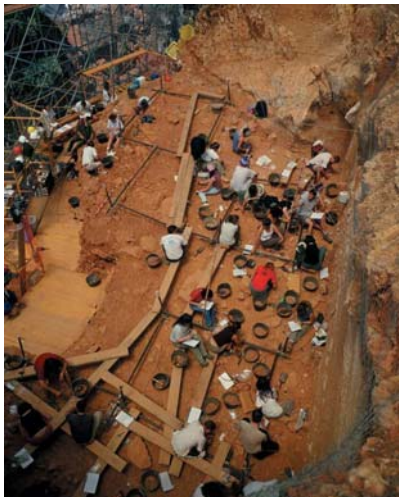

Figura 10.5. Excavación actual del nivel TD10. (Foto: J. Trueba/MSF).

Figura 10.6. Actual vista del nivel TD6. (Foto: J. Mestre/IPHES).

Figura 10.7. Dientes *in situ* de *Homo antecessor* recuperados en TD6. (Foto: J. Trueba/MSF).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

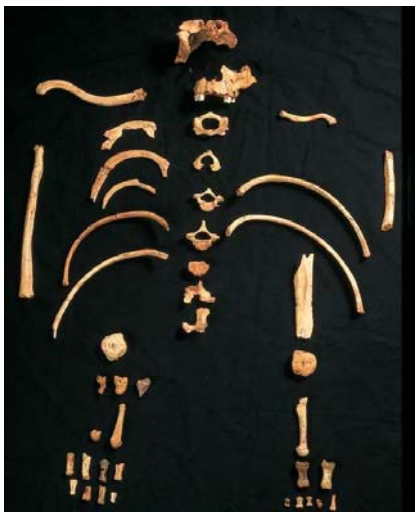

Figura 10.8. Restos de *Homo antecessor* de TD6. (Foto: J. Trueba/MSF)

Figura 10.9. Industria lítica en caliza del nivel TD6. (Foto: A. Ollé/IPHES).

Figura 10.10. Maxilar infantil de *Homo antecessor* de TD6. (Foto: J. Trueba/MSF)

Figura 10.11. Industria lítica en sílex del nivel TD6. (Foto: A. Ollé/IPHES).

Figura 10.12. Industria lítica en cuarcita del nivel TD10. (Foto: A. Ollé/IPHES).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Todos los subniveles de TDE5, a excepción de TDE5b, registran actividad antrópica (Rodríguez-Alvárez, 2004b; Huguet, 2007; Saladié, 2009).

Por encima de TDE5 y TDW5 aparece el nivel TD5. Su potencia alcanza los 50 cm. y está compuesto por un paquete de lutitas prismáticas muy puras. Este nivel se encuentra por encima de la masa rocosa que divide la cavidad en dos zonas. A partir de TD5, los depósitos superiores se mantienen continuos.

La unidad TD6 presenta una potencia de entre 2-2,5 m. y es mucho más clástico que las unidades precedentes. Su matriz está formada por lutitas y arenas muy finas que en la parte inferior del conjunto presentan un aspecto caótico, mientras en la parte superior está bien estratificada.

Durante los trabajos de excavación de estos últimos años se ha determinado la existencia de tres unidades litoestratigráficas (de base a techo):

- TD6-3 posee una matriz de lutitas rojas semejantes a las de TD6-2.
- TD6-2, también conocido como estrato Aurora, presenta unos 30-40 cm. de potencia. Está formado por lutitas rojas masivas con abundantes bloques calcáreos. En el año 1994, se hallaron en este estrato restos humanos de *Homo antecessor*, actualmente asignados a 10 individuos y asociados a restos faunísticos y herramientas líticas (Carbonell *et al.*, 1995; 1999b; 2001; 2005; Bermúdez de Castro *et al.,* 1997; 1999; 2006; 2008 Parés y Pérez-González, 1999; Canals *et al.*, 2003) (Figuras de 10.7 a 10.11). Además, algunos de los restos de homínido presentan evidencias tafonómicas de canibalismo (Fernández-Jalvo *et al.*, 1996; 1999; Díez *et al.*, 1999).
- TD6-1 es una subunidad se caracteriza por una brusca variación lateral y por una discontinuidad sedimentaria. Así, mientras en la zona este está formado por arcillas rojas, en la zona central predominan los bloques centimétricos brechificados con calcita. En la zona oeste de la excavación, TD6-1 desaparece. Así, el nivel TD7 se sitúa directamente sobre el subnivel TD6-2. Este subnivel posee un importante registro de coprolitos atribuidos a hiénidos (Rossell, 2001; Huguet, 2007; Saladié, 2009).

En el sector intervenido en el sondeo del nivel TD6-2 se identifica una importante complejidad geológica y topográfica (Figura 10.13). En este sector se han identificado hasta tres aportes diferentes.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

1.- Las coladas que forman el depósito provienen mayoritariamente del noreste (teórico) de la cavidad.

2.- Un aporte local situado al sudeste del sondeo (cuadros G17 y G18, y parte de H17 y H18). Este aporte, de posible origen gravitacional, está caracterizado por la formación de un pequeño cono de arcillas con abundantes bloques en su parte distal (Rosell, 2001).

3.- Aporte vertical en los cuadros I-H 17. Esta es una estructura natural de drenaje en forma de tubo. Su desarrollo puede relacionarse con un momento de colapso, marcado por un posible descenso del nivel freático que se produce entre la formación de TD8 y TD9. La estructura afecta a todos los depósitos desde TD9 hasta TD5, actuando a modo de *cut&fill* (Parés y Pérez González, 1999) (ver en Figura 10.2). Su relleno se compone principalmente de una matriz de arenas amarillentas sin bloques y estériles desde el punto de vista arqueológico. Los márgenes están delimitados por una costra carbonatada de color negro que permitía diferenciar durante la excavación la matriz sedimentaria de su relleno, de los depósitos recortados, compuestos principalmente de arcillas con diferentes grados de carbonatación (Rosell, 2001).

Además, fuera del sondeo, se ha detectado la presencia de una estructura de origen hídrico (paleocanal) situada a pocos metros de la sección oeste del sondeo. Toda esta complejidad en la aportación de los materiales geológicos no parece afectar al material arqueológico, que se reparte de una manera similar por toda la superficie sin manifestar modificaciones tafonómicas diferenciales según el depósito en el cual están contenidos (Díez *et al.*, 1999; Rosell, 2001).

La unidad TD7 posee una potencia de 1,5 m. y presenta dos facies. La primera está constituida por calcarenitas amarillentas y la segunda por conglomerados clastos-soportados y brechas. En el año 2003, se distinguieron en TD7, 4 subniveles (de TD7-1 a TD7-4). Éstos se van perdiendo hasta su desaparición en la zona Oeste. Así, en esta zona, los subniveles TD7-3, TD7-4 (junto con TD6-1) no se han conservado, posiblemente por una fuerte fase erosiva, y el subnivel TD7-2 se sitúa directamente sobre el subnivel TD6-2.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

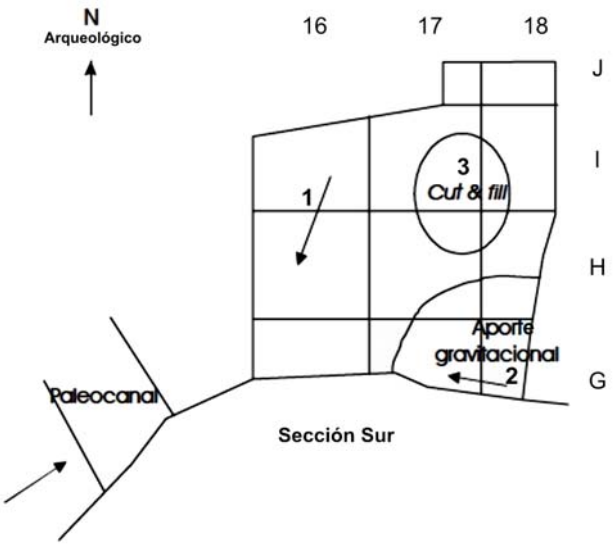

Figura 10.13. Planta del sondeo de Gran Dolina en el nivel TD6. Se han señalado los diferentes aportes identificados: 1. Coladas principales que forman el depósito; 2. Aporte gravitacional; 3. Aporte vertical desde TD9 (ver Figura 10.2) (Modificada de Rosell, 2001).

Por encima, aparece la unidad de TD8, de entre 2 y 4 m. de potencia. Este nivel está formado por lechos de bloques de diferentes dimensiones con una escasa matriz de lutitas. En el techo de TD8 se halla una costra estalagmítica recientemente descrita como un nuevo nivel de escasa potencia denominado TD8-9 (Rodríguez *et al.*, 2010). La descripción de este nivel está reforzada por un cambio microfaunístico (Rodríguez *et al.*, 2010).

El depósito TD9 presenta una potencia de unos 35 cm. Está compuesta, en su base, por una matriz rojiza amarillenta formada por arenas, mientras que en el techo, se observa una capa de color marrón verdoso identificada como guano.

El depósito de TD10 presenta dos fases sedimentarias diferentes. La fase inferior está en contacto con TD9 y posee una potencia de unos 20-30 cm. Esta fase, arqueológicamente pobre, está compuesta por microconglomerados en una matriz de arenas y lutitas muy escasa con casi una total ausencia de bloques. La fase superior tiene una potencia de 2 m. y está compuesta por una matriz areno-arcillosa con bloques calizos muy angulosos que indica la existencia de una apertura de la cavidad hacia el exterior. En esta fase superior, actualmente en proceso de excavación se han determinado 4 subunidades litoestratigráficas (TD10-4 a TD10-1, de base a techo). Todos ellos se caracterizan por registrar abundantes restos faunísticos y líticos (Figura 10.12).

Los sedimentos de TD11, de más de 3 m. de potencia, colmatan la cavidad. El nivel está formado por alternancias de facies de bloques con intercalaciones de lutitas rojas en una matriz areno-arcillosa.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

10.3. Pequeños vertebrados de Gran Dolina

En general, los restos de microvertebrados en Gran Dolina son abundantes. Entre los micromamíferos abundan los roedores e insectívoros, mientras que los lagomorfos, presentan menor abundancia de restos y de especies. El orden Chiroptera presenta un tasa de representación baja en relación al resto de ordenes. Existe un gran número de microvertebrados no mamíferos como los anfibios, escamosos y aves, aunque en menores porcentajes.

El registro de micromamíferos recuperado en la Sierra de Atapuerca ha permitido realizar una escala biocronológica a partir de la creación de 7 unidades faunísticas (FU) (Cuenca-Bescós y García, 2007; Cuenca-Bescós *et al.*, 2010). En general, desde el punto de vista paleontológico, tanto en los taxones de los pequeños mamíferos como en los taxones de macrovertebrados, se observa cierta homogeneidad en las especies identificadas en las FU3 y FU4 (niveles de TD5 a TD6). No es hasta la FU5 y la FU6 donde se ha detectado un cambio de la representación de los taxones, caracterizado por la desaparición de una serie de taxones y la primera aparición de otros. De este modo, en la FU 5 (TD7 y TD8a) se registra la última aparición de *Allocricetus bursae, Iberomys huescarensis, Pliomys episcopalis*, *Mimomys savini*, (también de *Canis mosbachensis*, y *Crocuta crocuta*), mientras que en la FU6 (TD8b, TD10) se observa la primera aparición de *Terrícola atapuerquensis*, *Iberomys brecciensis* y *Allocricetus correzensis* (junto con *Canis lupus* y *Panthera leo*).

La presencia de *Mimomys savini* en la parte superior del nivel TD8 y su posterior desaparición a favor de la aparición de *Iberomys brecciensis* en TD8-9, limita este nivel y los inferiores a una cronología superior de 500 ka. (Carbonell *et al.*, 1995; 1999a, 199b; Laplana y Cuenca-Bescós, 1997; Cuenca-Bescós *et al.*, 1999b; 2001).

En los insectívoros de Gran Dolina destaca la reciente descripción de un nuevo género y especie de sorícido: *Dolinasorex glyphodon* (Rofes, 2009; Rofes y Cuenca-Bescós, 2009). Este gran insectívoro aparece en los niveles TD4, TD5 y TD6, por lo que su presencia en la Península Ibérica data de alrededor de 1 Ma. Los análisis filogenéticos realizados indican que esta especie es un descendiente o posee un antepasado común con *Lunanosorex*, de origen asiático. Esta especie ocuparía el nicho ecológico de *B. fissidens* identificada en Sima del Elefante y presenta unas características similares a ésta (Rofes, 2009; Rofes y Cuenca-Bescós, 2009).

A partir de la distribución de la microfauna en los niveles estratigráficos y su comparación con modelos actuales, se han realizado diversas interpretaciones

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

paleoambientales (López-Antoñanzas, 2000; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós, 2002, Cuenca-Bescós *et al.*, 2005) (Tabla 10.3). Todos estos trabajos coinciden en que la presencia en los niveles TD4 y TD5 de especies de estepa árida (*Allocricetus bursae*) y clima frío (*Stenocranius gregaloides*), asociado con múridos (*Apodemus sp.),* glíridos (*Eliomys quercinus)* e insectívoros (*Erinaceus europaeus*), indican un periodo glaciar o ambiente continental, formado por una estepa, en un clima seco y frío, aunque existirían algunos puntos boscosos aislados. Sin embargo, las interpretaciones paleoecológicas realizadas en los niveles superiores varían según el estudio realizado. Así, mientras que en la parte superior de TD5 y en el nivel TD6 las investigaciones más antiguas distinguen un periodo interglaciar con fluctuaciones en el grado de humedad relativa (López-Antoñanzas, 2000; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002), los estudios posteriores se basan en la alta biodiversidad de TD5 y TD6 para sugerir una amplia gama de paisajes, con predominio de las zonas abiertas, más húmedas en TD5 y más secas en TD6, diferenciando intervalos climáticamente templados (Cuenca-Bescós, 2002, Cuenca-Bescós *et al.*, 2005).

La representación de *Microtus* aff. *M. raticeppoides* en TD7 y la base del TD8 se identifica un periodo relativamente húmedo (López-Antoñanzas, 2000; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002). La microfauna de la base del nivel TD8 muestra la evolución, de la base al techo del nivel, de zonas boscosas aisladas hacia zonas abiertas y del clima cálido hacia clima más frío (Cuenca-Bescós, 2002, Cuenca-Bescós *et al.*, 2005).

Finalmente, en la fase superior del depósito (TD8b-TD10) estos autores distinguen la existencia de un periodo seco con leves oscilaciones en la humedad relativa (López-Antoñanzas, 2000; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002) correspondientes a paisajes abiertos y momentos más cálidos (Cuenca-Bescós, 2002, Cuenca-Bescós *et al.*, 2005) (Tabla 10.1).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

	Gran Dolina									
	TD3	TD 4	TD 5	TD6 TD6-3	TD6 TD6-2	TD6 TD6-1	TD 7	TD 8	TD8-9	TD 10
Amphibia										
Salamandra salamandra										
Alytes obstetricans			●	●	●	●	●	●		●
Pelobates cultripes				●	●	●		●		●
Pelodytes punctatus			●	●	●	●	●	●		●
Bufo bufo			●	●	●	●	●	●		●
Bufo calamita			●	●	●	●	●	●		●
Hyla arborea								●		●
Rana temporaria			●							●
Rana cf. *dalmatina*			●							●
Squamata										
Coronella austriaca			●	●	●	●	●	●		●
Rhinechis scalaris			●	●	●	●	●	●		●
Vipera cf. *aspis*			●	●	●	●		●		●
Triturus sp.				●						
Blanus cinereus								●		
Rana (temporaria) sp.			●	●	●	●	●	●		●
Pelophylax (ridibunda) p.			●	●	●	●		●		●
Lacertidae indet.			●	●	●	●	●	●		●
Anguis fragilis			●	●	●	●				●
Natrix cf. *natrix*			●	●	●	●		●		
Natrix cf. *maura*								●		●
Coronella cf. *girondica*										●
Eulipotyphla										
Talpa cf. *europaea*	●	●	●	●	●	●	●	●		●
Sorex spp.	●	●	●	●			●	●		●
Crocidura spp.	●	●	●	●	●	●		●	●	●
Erinaceus europaeus	●	●	●	●	●	●		●		●
Dolinasorex glyphodon	●	●	●	●	●	●				
Sorex minutus	●	●	●	●	●	●	●			●
Galemys sp.				●	●	●	●	●		●
Galemys pyrenaicus										
Neomys sp.										●
Chiroptera										
Myotis sp.	●	●	●	●	●	●	●	●		●
Rhinolophus sp.	●	●		●				●		●
Miniopterus schreibersii	●	●		●	●	●		●	●	●
Rodentia										
Sciurus										●
Eliomys quercinus	●	●	●						●	●
Castor fiber					●	●				
Apodemus sylvaticus	●	●	●	●	●	●	●		●	●
Allophaiomys chalinei	●	●	●	●						
Stenocranius gregaloides	●	●	●	●	●	●				
Hystrix refossa	●	●		●	●	●				
Terricola arvalidens	●	●	●	●	●	●	●			

Continua en la pág. siguiente

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Viene de la pág. anterior

	TD3	TD 4	TD 5	TD6-3	TD6 TD6-2	TD6-1	TD 7	TD 8	TD8-9	TD 10
Microtus seseae	●	●	●	●	●	●	●			
Pliomys episcopalis	●	●	●	●	●	●	●	●		
Mimomys savini	●	●	●	●	●	●	●	●		
Iberomys huescarensis	●	●	●	●	●	●	●	●		
Marmota	●	●	●	●	●	●	●			●
Allocricetus bursae	●	●	●	●	●	●	●	●		
Micromys minutus			●	●						
Microtus ratticepoides								●		
Terricola atapuerquensis									●	●
Iberomys brecciensis									●	●
Allocricetus correzensis									●	●
Microtus arvalis										●
Microtus agrestis										●
Pliomys lenki										●
Acanthion vinogradovi										
Arvicola sapidus										aff.
Myodes										●
Lagomorpha										
Oryctolagus cf. *giberti*										
Lepus sp.	●	●	●	●	●	●	●	●		
Oryctolagus sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabla 10.1. Taxones de microvertebrados representados en los niveles de Gran Dolina (Cuenca-Bescós *et al.* 1999b; Cuenca-Bescós y García, 2007; Blain *et al.*, 2008b; 2009; Rofes y Cuenca-Bescós, 2009)

En general, el clima de la Sierra de Atapuerca durante la formación de los niveles de Gran Dolina según estos estudios podría ser templado o cálido. A pesar de la presencia de especies en algunas agrupaciones de pequeños vertebrados que indican momentos fríos (como *Stenocranius gregaloides* o *Allocricetus bursae)*, se debe remarcar que éstas suelen ir acompañadas de taxones que indican clima templado (*Hystrix refossa* o *Crocidura* sp.) (Rodríguez *et al.*, 2010).

Según el número de especimenes y el análisis de la distribución de los taxones anfibios y escamosos de Gran Dolina es posible inferir la temperatura y la pluviosidad del ambiente inmediato del nivel estudiado (Blain *et al.*, 2008b; 2009) (Tabla 10.1). Así, en la unidad TD5, el conjunto de anfibios y reptiles sugiere un ambiente formado por un mosaico de hábitat, con bosques abiertos, donde predominaban las condiciones templadas y húmedas. En cuanto a TD6, sugiere un ambiente de bosque abierto, con un clima general húmedo aunque ligeramente más seco y cálido en TD6-2 que en TD6-3 (Blain *et al.*, 2009). El nivel TD7, aunque es pobre en cuanto al registro de anfibios y escamosos, indica una alta diversidad de hábitats, predominando el ambiente abierto y el clima húmedo. En los niveles superiores, se identifica el paso de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

un paisaje abierto con climas cálidos y secos (en TD8) a un paisaje boscoso abierto y clima templado y húmedo que va enfriándose hacia el techo de TD10 (Blain *et al*., 2008b). En resumen, el conjunto de herpetofauna siempre incluye la presencia del bosque. Además, las paleotemperaturas estimadas para la Sierra de Atapuerca, son, generalmente, cálidas, con breves oscilaciones, y altas precipitaciones (Blain *et al.*, 2009).

Las especies que más destacan entre las aves de los diferentes niveles de Gran Dolina son *Tadarona* sp., *Melanitta fucsa*, *Anas crecca*, *Milvus milvus*, *Falco naumanni*, *Perdix palaeoperdix*, *Coturnix coturnix*, *Porzana* sp., *Porzana pusilla*, *Pluvialis apricaria*, *Charadrinus alexandrinus*, *Arenaria interpres*, *Lulula arborea*, *Alauda arvensis*, *Eremophila alpestris*, *Hirundo resutica*, *Cinclus cinclus*, *Prunella collaris*, *Prunella modularis*, *Turdus* sp., *Sylvia hortensis*, *Emberiza citrinella*, *Plectrophenax nivalis*, *Fringilla coelebs*, *Serinus serinus*, *Carduelis chloris*, *Petronia petronia*, *Pyrrhocorax graculus*, entre otras (Sánchez-Marco, 2002; 2004). A lo largo de toda la secuencia las dos especies predominantes son *Corvus antecorax* y *Columba livia*. Los restos de aves del nivel TD6 es el que ha sido estudiado con mayor detalle y en él se ha evidenciado el predominio de especies de espacios abiertos, así como grupos acuáticos y limícolas y la presencia con menor intensidad de aves en zonas arbustivas y arboladas (Sánchez-Marco, 2004, 2002; 1999).

Los análisis tafonómicos en los restos de micromamíferos de la sección oeste de la secuencia de Gran Dolina permitieron reconocer a los predadores de estos restos (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996). Así, en el nivel TD3 el agente acumulador mayoritario identificado es el búho real (*Bubo bubo*), mientras que en TD4 es el búho chico (*Asio otus*). En este nivel se identificó una pequeña asociación, nombrada "anomalia de TD4", relacionada con la intervención de un búho real (Fernández-Jalvo, 1996). El autor descrito como predador de los conjuntos de TD5 y TD6 es el cárabo común (*Strix aluco*).

Una de las rapaces acumuladoras de los restos del nivel TD10 fue el cernícalo (*Falco tinnunculus*), aunque, posiblemente, intervinieron otros predadores. En el nivel TD11, correspondiente a la zona superior de TD10 según la revisión estratigráfica de Parés y Pérez-González (1999) y Pérez-González y colaboradores (2001), se identificó la presencia del búho chico (*Asio otus*).

El origen de la agrupación de micromamíferos del nivel TD8 ha sido relacionado con la presencia de una trampa natural, por donde los individuos caerían (Fernández-Jalvo, 1992). De este modo, y a través de los conocimientos sobre el hábitat preferencial de estos predadores, se elaboran una serie de interpretaciones

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

paleoecológicas. Durante la formación de este yacimiento el ambiente predominante podría estar formado por bosques poco densos o bosques abiertos. Además, la presencia del búho real en TD3 sugiere la presencia de áreas próximas a lagos o ríos (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996).

Los predadores identificados presentan hábitos oportunistas, por lo que los taxones de micromamíferos de estos yacimientos pueden ser considerados como una buena representación de las comunidades de micromamíferos que existieron en este hábitat durante el relleno de la cavidad. Como excepción a esto, se deben tomar con precaución las interpretaciones realizadas en base a los microvertebrados de los niveles TD4 y TD11, ya que la presencia del búho chico indica una selección preferencial hacia los microtinos (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996).

10.4. Macrovertebrados

El registro paleontológico recuperado en el yacimiento de Gran Dolina ha permitido realizar diferentes trabajos sobre la representación taxonómica. Los carnívoros de Gran Dolina han sido descritos por García y Arsuaga (1999, 2001a, 2001b), el proboscídio por Aguirre (1999) y los ungulados por van der Made (1998, 1999, 2001) y van der Made y colaboradores (2003).

Como hemos visto anteriormente, a partir de la distribución de los taxones de microfauna y de los grandes mamíferos, sobre todo carnívoros, se agrupan las unidades estratigráficas de Gran Dolina en cinco unidades faunísticas (FU2-FU6) (Cuenca-Bescós y García, 2007).

En las especies de grandes mamíferos de la unidad faunística 2 (niveles TD3 y TD4) destaca la primera presencia europea de *Crocuta crocuta* (García y Arsuaga, 1999), hasta el momento datada en 900 ka. y la presencia de una antigua línea de úrsidos, identificada a través de *Ursus dolinensis* (García y Arsuaga, 2001a; 2001b) (Tabla 10.2). Además, cabe destacar la primera presencia en la Sierra de las especies *Canis mosbachensis* y *Vulpes praeglacialis* (Cuenca-Bescós y García, 2007) (Tabla 10.2).

Los taxones de la unidad faunística 3 (niveles TD5 y TD6-3) son muy similares a los registrados en la FU2, si bien cabe destacar la presencia de *Homotherium* cf. *latidens* y *Sus scrofa*. Asímismo, la FU4, formada por el subnivel TD6-2, se caracteriza por la presencia de *Homo antecessor*. Los niveles TD7 y TD8

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

(FU5) se determinan por registrar la última aparición de *Crocuta crocuta* y *Canis mosbachensis* en Gran Dolina, mientras que los niveles TD8-9 y TD10 se caracterizan por la presencia de *Canis lupus* y *Panthera leo*, por lo que están agrupados en la FU6 (Cuenca- Bescós y García, 2007).

	Gran Dolina							
	TD3-4	**TD5**	**TD6**			**TD7**	**TD8**	**TD10**
			TD6-3	**TD6-2**	**TD6-1**			
Hominidae								
Homo antecessor				•	•			
Carnivora								
Ursus dolinensis	•	cf.			•			
Lynx sp.	•	•		•				
Mustela palerminea		•	•	•				
Panthera gombaszoegensis	•	•					•	
Crocuta crocuta	•	•	•	•	•		•	
Vulpes praeglacialis	•	•	•	•	•			
Canis mosbachensis	•	•	•	•			•	
Felis sp.	•							
Homotherium latidens		cf.						cf.
Meles meles		sp.						•
Ursus sp.			•	•			•	•
Vulpes vulpes								•
Panthera leo								•
Canis lupus								•
Mustela nivalis								•
Ungulates y **Proboscidea**								
Hippopotamus sp.							•	
Dama"nestii"vallonnetensis	•	•	•	•	•		•	
Stephanorhinus etruscus	•		•	•	•	•	•	
Equus (stenonian)	•		•	•	•		•	
Eucladoceros giulii	•		•	•	•		•	
Bovidae indet.	•		•	•	•		•	
Cervus elaphus cf. *acoronatus*	•		•	•	•		•	
Sus scrofa		cf.		•	•			cf.
Mammuthus sp.			•					
Praeovibos priscus						cf.		
Equus (caballoid)								•
Stephanorhinus hemitoechus								cf.
Cervus elaphus priscus								•
Hemitragus bonali								•
Dama dama aff. *clactoniana*								•

Tabla 10.2. Macrovertebrados de Gran Dolina (Aguirre, 1999; van der Made, 1998; 1999; 2001; García y Arsuaga, 1999; 2001a; 2001b; van der Made *et al.*, 2003; Cuenca-Bescós y García, 2007; Huguet, 2007).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En relación a los herbívoros se observan diferencias importantes entre los niveles inferiores y los superiores de la secuencia. En los niveles inferiores (TDW4-TD8inf) poseen un registro homogéneo de macrofauna con formas propias del Pleistoceno Inferior como *Equus stenonis*, *Stephanorhinus etruscus*, *Dama "nestii" vallonnetensis* o *Eucladoceros giulii* (Tabla 10.2). La última aparición de *Stephanorhinus etruscus* se localiza en el nivel TD8b siendo este el registro más moderno de Europa para este taxón ya que todos los yacimientos donde se ha identificado corresponden al Plioceno o Pleistoceno Inferior (van der Made, 2001). En cambio, los niveles superiores (TD8sup-TD10) se caracterizan por presentar formas propias del Pleistoceno Medio (de entre 500 y 300 ka.), como *Dama dama* aff. *clactoniana* y *Cervus elaphus priscus* (van der Made, 2001b, 1999; 1998; van der Made *et al.*, 2003).

Desde el punto de vista paleoecológico, cabe destacar que ninguna de las especies descritas, carnívoros o herbívoros, sugiere la existencia de condiciones climáticas duras (van der Made, 2001; van der Made *et al.*, 2003; Rodríguez, 1997; 2004; 2006). Además, la presencia continua de grandes herbívoros en todos los conjuntos apoya la existencia de bosques abiertos a lo largo de la secuencia de Gran Dolina (Rodríguez *et al.*, 2010).

El estudio de la estructura de las comunidades de vertebrados ofrece valiosa información paleoecológica. Se debe tener en cuenta que la composición de la estructura no se determina por las especies existentes, que cambian a lo largo del Pleistoceno Inferior, sino a partir de los grupos ecológicos que integran la comunidad. De este modo, una especie puede ser sustituida por otra pero si forma parte del mismo grupo ecológico no se modifica la estructura de la comunidad. Así, el conjunto TDW4 presenta una elevada frecuencia de grandes mamíferos herbívoros así como una relativa escasez de grandes herbívoros ramoneadores y de mamíferos acuáticos como el castor. Este tipo de representación, junto con la escasez de insectívoros, ha sido interpretada como propia de un ambiente templado-calido y árido con una vegetación abierta (Rodríguez, 1997; 2001), siendo el extremo más cálido y árido que se identifica en la secuencia de Gran Dolina. En cambio, en TDW4b existe un mayor porcentaje de omnívoros, insectívoros y herbívoros ramoneadores que son considerados como indicadores de un clima menos cálido y árido que el de TDW4 (Rodríguez, 1997; 2001) (Tabla 10.3). Así, se identifica la presencia de una vegetación menos abierta, similar a un bosque de tipo mediterráneo.

Al contrario de las interpretaciones llevadas a cabo por otras disciplinas, el estudio de la estructura de la comunidad fósil no aprecia ninguna diferencia

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

paleoecológica a lo largo de la unidad TD6 (Rodríguez, 1997; 2001). La estructura de los vertebrados de TD6 sugiere la presencia de un bosque tipo holártico en un clima relativamente frío, que se mantendrá hasta el nivel TD8. En este nivel se identifica la presencia de un bosque tipo atlántico (Rodríguez, 1997; 2001).

10.5. Arqueobotánica

A lo largo de la secuencia estratigráfica de Gran Dolina, se aprecia una importante representación de *Quercus* caducifolios y perennifolio aunque en determinados momentos parecen tener mayor importancia los gimnospermas como *Pinus* y cupresáceas (García-Antón, 1995; 1998). Según los trabajos polínicos, en general, las condiciones climáticas en este enclave no fueron muy rigurosas, puesto que la cobertura forestal estuvo siempre presente. En los niveles TD2 y TD4, el dominio de las especies arbóreas como *Quecus* caducifolio, *Pinus* y *Betula* indican un periodo con importante cobertura arbórea y condiciones frías, con tendencia a condiciones más templadas en la parte superior de TD4 (García-Antón, 1995; 1998). En TD5 y la base de TD6, destaca la ausencia de taxones de carácter templado y el predominio de *Quercus*, indicando la presencia de un bosque abierto bajo un clima frío y xericó. El incremento de la humedad y las condiciones más templadas aparecen durante la formación del nivel TD6, derivando a condiciones plenamente húmedas y templadas en el nivel TD7. En el nivel TD8 (donde se presentan taxones como *Castanea*, *Betula*, *Acer*, *Alnus* y *Hedera*) se observa unas condiciones climáticas cálidas o templadas que se vuelven más frías y secas en el tramo superior de la secuencia sedimentaria en los niveles TD10, donde se aprecia un aumento de *Pinus* y una disminución del componente Mediterráneo (*Olea*) y templado (*Quercus* caducifolio) (García-Antón, 1995; 1998) (Tabla 10.3).

Los resultados obtenidos en un trabajo arqueobotánico posterior indican que en el nivel TD6 el paisaje es bastante abierto y presenta distintas formaciones vegetales (Burjachs, 2002). Destacan los tipo dehesa (*Quercus*, *Olea*, *Aladierna*), monte bajo (*Pistacia*, *Coriaria*), bosquecillos de robles y otros mesófilos, como arces, tilo y avellano, así como bosques galería o de ribera (*Salix*, *Alnus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Vitis*) (Burjachs, 2002). Las gramíneas serían el componente principal de prados estacionales tipo sabana. Los valores de quenopodiáceas indican trasiego y riqueza humano-faunística de la zona, por lo que sus desechos (excrementos, restos acumulados de depredadores…) favorecerían la proliferación de estos vegetales ruderal-nitrófilos (Burjachs, 2002). Este paisaje es propio de un clima más templado

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

que el actual y con precipitaciones superiores de carácter estacional. Cabe destacar, además, la recuperación de registro carpológico en el estrato TD6-2, en concreto un elevado número de semillas de *Celtis* (E. Allué, com. pers.). Por el contrario, el nivel TD7 presenta un paisaje más cerrado en el que dominan matorrales y carrascales (*Quercus ilex-coccifera*, *Erica*) con presencia de pinos en las montañas más altas de la región (Burjachs, 2002).

10.6. Resumen paleoecológico de Gran Dolina

Además de los diversos estudios paleocológicos realizados en base al registro arqueopaleontológico ya descrito (vertebrados y polínicos), cabe destacar las inferencias paleoecológicas resultantes de los estudios sedimentológicos (Hoyos y Aguirre, 1995, Vallverdú, 2001, Mallol y Carbonell, 2008) (Tabla 10.3). Hoyos y Aguirre (1995) que la ausencia de indicadores de frío en el sedimento de los niveles TD2, TD3 y TD4 indica la presencia de un clima templado que deriva en un clima más riguroso con oscilaciones en el grado de humedad. En el nivel TD5 se observan tres fases diferenciadas. La fase inferior está caracterizada por dos pulsaciones frías y húmedas separadas por un intervalo templado y húmedo. La aparición, en la segunda fase, de limos y arcillas intercaladas con gravillas indica a estos autores el predominio de un clima templado o cálido y seco que deriva a condiciones más frías y húmedas en una tercera fase (Hoyos y Aguirre, 1995).

El nivel TD6 está compuesto por conglomerados calcáreos relacionados con períodos de gelivación. Ello sugiere a Hoyos y Aguirre (1995) indica la presencia de un clima húmedo y frío, más crudo que los representados en etapas anteriores, mientras que para Vallverdú (2001) sugiere un clima más húmedo y cálido. En cambio, ambos trabajos coinciden en que los conglomerados de gravas gruesas y arenas calcáreas del nivel TD7 sugieren un clima templado con abundantes lluvias. La sedimentología del nivel TD8 indica la presencia de 4 períodos diferenciados, siendo los dos inferiores más fríos que los superiores. La evolución sedimentológica indica un aumento de las condiciones húmedas durante la formación de este nivel (Hoyos y Aguirre, 1995).

En la unidad 10, Hoyos y Aguirre (1995) diferencian cuatro fases. En la fase inferior aparecen cantos y gravas de caliza en una matriz arcillosa, lo que sugiere unas condiciones frías y xericós, que derivan, en una segunda fase, a condiciones más templadas y húmedas. En las fases superiores se identifica la presencia de un clima templado y húmedo, similar al actual. En esta misma línea, Mallol y Carbonell (2008)

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5[illegible]

diferencian dos etapas en la formación del subnivel 1 de TD10. La primera, en la parte inferior, caracterizada por una buena conservación y una menor tasa de sedimentación, aprovechada por los homínidos para ocupar la cavidad de forma intensiva, y la superior, caracterizada por la alternancia de procesos de gelifracción y por la abundancia de raíces. Durante este momento, disminuye el impacto de los homínidos en la cavidad (Mallol y Carbonell, 2008).

Tal y como se ha observado a lo largo del capítulo, son abundantes los datos paleoecológicos ofrecidos por las investigaciones en el registro faunístico y arqueobotánico. Con la finalidad de sintetizar esta información, se adjunta una tabla resumen donde se realizan correlaciones aproximadas de las inferencias paleoecológicas más representativas de Gran Dolina (Tabla 10.3).

En cuanto al ambiente de la Sierra durante la formación de los niveles de Gran Dolina, en general, las investigaciones realizadas coinciden en afirmar la existencia de una paisaje abierto o semiabierto (Tabla 10.3). En cuanto a la climatología se observan abundantes diferencias en los resultados de los diversos estudios. Sin embargo, se aprecian algunas coincidencias en las interpretaciones realizadas por la sedimentología, la palinología y el estudio de las estructuras de las comunidades en los niveles inferiores. Por ejemplo, en el nivel TD6 se interpreta un clima básicamente frío con un incremento de la humedad (Hoyos y Aguirre, 1995; García-Antón, 1998; Rodríguez, 2001).

Asimismo, también se observan coincidencias en las interpretaciones derivadas del estudio de los microvertebrados y de los análisis polínicos en los niveles superiores. Un ejemplo de ello se halla en el nivel TD10, donde se interpreta un clima cálido/templado y húmedo (García-Antón, 1998; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al.*, 2005; Blain *et al.*, 2008b, 2009). De todos modos, se debe tener en cuenta que el grado de resolución de estas aproximaciones varía en cada uno de los estudios y disciplinas utilizadas.

Recientemente se ha llevado a cabo un trabajo de síntesis paleoecológica de la Sierra de Atapuerca. Este trabajo afirma la presencia de un bioma formado por zonas abiertas o semiabiertas, con bosques abiertos cercanos durante la formación de los niveles de Gran Dolina, en un clima con diversas fluctuaciones de frío a cálido, aunque sin condiciones extremas (Rodríguez *et al.*, 2010).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Nivel			**Sedimentología** (Hoyos y Aguirre, 1995)	**Palinología** (García-Antón, 1998)	(Burjachs, 2002)	**Estructura comunidades** (Rodríguez, 2001)	**Micromamíferos** (López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002)	(Cuenca-Bescós 2002;- *et al*., 2005)	**Herpetofauna** (Blain *et al*., 2008b; 2009)
TD10		d	Clima más templado y húmedo que el anterior	Condiciones más frías y secas	-	-	Valles húmedos y bosques, en un clima templado con fluctuaciones humedad-sequedad	Paisaje abierto y clima frío y seco	Bosque abierto en clima frío y húmedo
		c	Clima actual dentro de un ambiente de humedad estacional						
		b	Clima templado y húmedo	Condiciones templadas y húmedas				Clima cálido o templado	Bosque abierto. Clima templado y húmedo
		a	Clima frío y seco						
TD8		d	Clima cálido y seco	Condiciones no muy rigurosas, cálidas y templadas	-	Bosque en clima frío	Interglaciar	Zonas abiertas en un clima más frío y seco	Ambiente abierto, clima cálido y seco. Grandes extensiones de masas de agua
		c	Clima menos frío						
		b	Clima frío y húmedo				Zonas abiertas y bosques, en un clima frío y húmedo	Zonas arboladas aisladas y clima cálido	
		a	Clima frío						
TD7			Clima templado con abundantes lluvias	Condiciones templadas y húmedas	Paisaje más cerrado	-	-	Clima seco	Ambiente abierto y clima húmedo
TD6	1		Distintas pulsaciones en un clima generalmente húmedo y frío	Incremento de la humedad. Condiciones climáticas no muy frías	Paisaje abierto en clima templado	-	Más abierto que el anterior. Praderas húmedas, zonas áridas y manchas boscosas en un clima más seco y frío	Clima más cálido y seco	Bosque abierto y clima cálido y húmedo (más seco que fase anterior)
	2					Bosque en clima frío			
	3			Condiciones frías y secas		Bosque en clima frío	Bosque abierto en un clima cálido y húmedo	Paisaje abierto	Bosque abierto. Clima frío y húmedo
TD5	a								
	b	c	Clima más frío y húmedo que el anterior	Bosque abierto con escasa cobertura vegetal	-	-	Abierto, valles y parches boscosos. Clima más cálido y húmedo	Paisaje abierto en clima templado y húmedo	Bosques abiertos. Clima húmedo y templado
	c	b	Clima templado-cálido y seco	Condiciones frías y secas			Estepa árida con islotes boscosos en un clima frío y más xericó		
	d	a	Dos pulsaciones frías y húmedas separadas por una templada y húmeda						
TD4			Clima frío riguroso y seco. Parte superior más húmedo	Cobertura arbórea. Transición a un clima más cálido que el anterior	-	Bosque abierto y clima cálido		-	-
							Estepa árida con bosques. Clima frío		
						Paisaje abierto y clima cálido			
TD3			Clima templado y más húmedo que el anterior	-	-		Estepa árida con bosques. Clima frío	-	-
TD2			Clima templado y seco	Condiciones frías y húmedas	-	-	-	-	-

Tabla 10.3. Cuadro resumen de las inferencias paleoecológicas de Gran Dolina (Hoyos y Aguirre, 1995; García-Antón, 1998; Rodríguez, 1997; 2001; López-Antoñanzas 2000; Burjacs, 2002; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al.*, 2005; Blain *et al*., 2008b; 2009).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

10.7. Marco cronológico

En el relleno de Gran Dolina se han obtenido diversas dataciones a partir de la aplicación de diferentes métodos. Como se ha descrito anteriormente, la presencia de *Mimomys savini* en la parte superior del nivel TD8 indica una cronología superior a 500 ka. (Carbonell *et al.*, 1995; 1999a; 1999b; Laplana y Cuenca-Bescós, 1997; Cuenca-Bescós *et al.*, 1999b; 2001).

En la parte superior del depósito sedimentario del nivel TD7 se ha localizado un cambio de polaridad magnética de los sedimentos que se ha atribuido al cambio Matuyama- Brunhes. Por consiguiente, la parte basal del nivel TD7 así como los niveles depositados por debajo de éste, poseen una cronología de más de 780000, enmarcándose dentro del Pleistoceno Inferior. Así, la polaridad positiva hallada en el nivel TD1 puede adscribirse al subcron Jaramillo (0,99 Ma.) o al evento Kamikatsura (0,85 Ma.) (Parés y Pérez-González, 1995; 1999). En cualquier caso, los sedimentos de la base de Gran Dolina tienen alrededor de 1 Ma. de antigüedad (Pérez-González *et al.*, 2001).

A partir de la combinación de los datos obtenidos a través de las series del Uranio y el ESR sobre dientes de caballo, se ha determinado la datación de diferentes niveles del relleno. Estos análisis sitúan TD10-1 en una cronología media ponderada de 337 ± 29 ka. y de 372 ± 33 ka. para TD10-2. Se estima una cronología de 602 ± 52 ka. para TD8 (durante el MIS 15). Para el nivel TD6 se han obtenido tres dataciones: 770±116, 762±114 y 676±101 ka., a partir de las que se estima una edad media ponderada de 780-857 ka. (Falguères *et al.*, 1999; 2001).

La reciente aplicación del método de la termoluminiscencia a los sedimentos de Gran Dolina ofrece una cronología ligeramente más antigua para los niveles inferiores a la de los trabajos anteriormente citados (Berger *et al.*, 2008). Así, TD6 se sitúa más allá de 960 ± 120 ka., mientras que las muestras de la base de TD8 ofrecen una cronología de 820 ± 140 ka. Así, TD6-2 (estrato Aurora) está probablemente correlacionado con el MIS 21 (Cuenca-Bescós y García, 2007; Bermúdez de Castro *et al.*, 2008), aunque no se descarta su posible correlación con el MIS 19 (Bermúdez de Castro *et al.*, 2008). De esta manera, en la base del nivel TD8 se hallaría la transición entre el Pleistoceno Inferior y el Pleistoceno Medio. El nivel superior de Gran Dolina (TD10) se data por termoluminiscencia entre 400 (en la base) y 250 ka. (en la parte superior) (Berger *et al.*, 2008).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

10.8. Marco cultural

La presencia de homínidos se ha documentado a lo largo de la secuencia de Gran Dolina, bien sea por la presencia de los propios restos de *Homo antecessor* en TD6, bien por la presencia de los restos culturales, como la industria lítica y los restos de fauna antropizados.

En cuanto a la industria lítica, cabe destacar la recuperación de artefactos en los niveles TDW4b, TD5, TD6, TD7 y TD10. En el nivel TDW4b se han recuperado los restos líticos más antiguos del yacimiento. Se trata de cinco piezas en cuarcita que corresponden a dos lascas o BP y tres cantos tallados unifaciales con escasas extracciones (Carbonell y Rodríguez, 1994; Rodríguez Álvarez, 2004b). En la unidad TD5 se han recuperado cuatro lascas en sílex y dos cantos en sílex neógeno, cuarcita y caliza. Destaca un canto tallado de cuarcita con un sistema de explotación unifacial, morfología casi circular y numerosas extracciones (Rodríguez Alvárez, 2004b).

Los conjuntos con un mayor número de objetos líticos son TD6 (especialmente el subnivel 2 o estrato Aurora) y el nivel TD10. En el conjunto de TD6, se han recuperado herramientas líticas del Modo 1 de sílex neógeno, sílex cretácico, cuarcita, arenisca, caliza y cuarzo, generalmente de origen local (Carbonell *et al.*, 1999b). En el nivel TD6-1 y TD6-3, el número de piezas documentadas es muy bajo y, actualmente, están en fase de estudio, mientras que en el nivel TD6-2 se han recuperado cerca de 400 herramientas líticas. En este conjunto domina la estrategia de talla ortogonal con explotación básicamente longitudinal y en las materias primas de mejor calidad, centrípeta (Carbonell *et al.*, 1999b). El sílex cretácico aparece en objetos de pequeño formato, mientras que la producción en sílex neógeno se dirige, básicamente, a la obtención de lascas de formato medio y grande. Los elementos de cuarcita, cuarzo o caliza fueron utilizados como percutores (Carbonell *et al.*, 1999b).

En el conjunto de TD6 se ha podido reconstruir toda la cadena operativa en la explotación en todos los materiales excepto el sílex cretácico. Los estudios de funcionalidad nos han mostrado que estos útiles han sido utilizados sobre carne, madera y posiblemente piel (Carbonell *et al.*, 1999b; Márquez *et al.*, 2001).

Los materiales líticos del nivel TD10 están en fase de estudio. Las materias primas más utilizadas en el conjunto son el sílex, la cuarcita, la arenisca, el cuarzo y la caliza (Rodríguez Álvarez, 2004a). En general, se han documentado pocos elementos característicos del Modo 2, mientras que domina la configuración de lascas retocadas de tamaños medios y pequeños, con predominio de raederas y denticulados, propios del Modo 3 (Rodríguez Alvárez, 2004a).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5[illegible]

Aparte de los estudios líticos, se han realizado trabajos tafonómicos y zooarqueológicos en los conjuntos faunísticos recuperados con el fin de conocer la explotación de los recursos faunísticos en la Sierra de Atapuerca (Díez y Rosell, 1998; Rosell, 1998; 2001; Rosell *et al.*, 1998; Díez *et al.*, 1999; Fernández-Jalvo *et al.*, 1999; Huguet, 2007; Saladié, 2009).

Todas estas investigaciones, llevadas a cabo en diversos niveles, evidencian que la presencia y ocupación de los homínidos no es igual en toda la secuencia de Gran Dolina. Se plantea la hipótesis de que existiera una ocupación de la cavidad de manera intensa, aunque de corta duración (TD6-2) o bien con cierta integridad temporal (TD10) (Díez *et al.*, 1999; Díez y Rosell, 1998; Rosell *et al.*, 1998). En ambos casos, las estrategias de consumo de los homínidos se basarían principalmente en la caza, por lo que sería necesaria una mínima articulación social para realizar esta práctica cinegética (Díez *et al.*, 1999).

Los resultados obtenidos en TD6 indican que los restos faunísticos fueron acumulados en el interior de la cavidad por los homínidos. Éstos realizaban distinto tipo de transporte de los animales en relación a su talla de peso. Así, mientras los de talla media y pequeña fueron introducidos íntegros en la cavidad, se seleccionaron para el transporte los segmentos anatómicos de los animales de talla grande con mayor contenido nutritivo (Díez *et al.*, 1999). El estudio de las marcas de corte y de fracturación sobre restos de los animales indica la existencia de un intenso consumo de todos los nutrientes. Todos ello permite considerar que los homínidos realizaron un acceso primario e inmediato a los animales registrados en TD6 (Díez *et al.*, 1999; Rosell 2001; Huguet, 2007).

En los restos humanos recuperados en el conjunto se identificó la existencia de marcas de actividad antrópica, de características similares a las documentadas sobre los restos de los herbívoros. El estudio detallado de dichas marcas permitió concluir que los restos de *Homo antecessor* fueron canibalizados con un fin gastronómico (Fernández-Jalvo *et al.*, 1996; 1999).

Si bien se detecta presencia humana a lo largo de la secuencia de Gran Dolina, tal y como se ha afirmado al inicio del apartado, el tipo de impacto que realizan los homínidos en la cavidad es diferente en cada nivel. Así, en los niveles TD4, TD5 y TD7 la presencia humana sería muy esporádica, e inexistente en los niveles TD8 y TD9. Por el contrario, en los niveles TD6 y TD10 se registra un tipo de ocupación más intensa, y de carácter e intensidad diversa.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 11

Tafonomía de micromamíferos de Gran Dolina

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El estudio tafonómico de micromamíferos de Pleistoceno Inferior de Gran Dolina comprende 6 muestras procedentes de los niveles TDE5 y TD6. El número de restos de cada una de las muestras estudiadas es variable, ascendiendo a un total de 4461 fósiles (Tabla 11.1).

Como ya se ha anotado anteriormente, todas las muestras utilizadas en esta Tesis provienen de la excavación arqueológica del nivel estudiado. Los niveles del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina fueron intervenidos arqueológicamente en un sondeo bioestratigráfico, realizado en los cuadros I-G/16-18, que alcanzó los niveles TDE5 y TD6 (Figuras 11.1 y 11.2). Así, para este estudio, se han utilizado los restos extraídos del lavado y tamizado de los sedimentos resultantes de este sondeo (Figura 11.1 y tabla 11.1). De este modo, los datos resultantes de este trabajo podrán ser comparados con el resto de investigaciones realizadas en el registro fósil de la misma sección (Rosell, 2001; López-Antoñanzas, 2000; Burjachs, 2002; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Huguet, 2007; Blain *et al.*, 2008b; 2009; Saladié, 2009; entre otros).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En la sección de Gran Dolina existe una masa caliza que divide la parte inferior del relleno y la cavidad en dos zonas (TDE y TDW) a partir de los depósitos de TD5. El sondeo, que en el año 1994 alcanza el nivel TD6 y finaliza en 1999 en la base del nivel TDE5, se realiza en la sección este. Con anterioridad, en el sector oeste, se llevó a cabo un intenso estudio tafonómico de los restos de los micromamíferos de TD5 y TD6 (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández-Jalvo, 1992; 1995; 1996). De esta manera es posible obtener una visión más completa de lo acaecido en Gran Dolina durante el Pleistoceno Inferior en su sección este y oeste, sincrónica y diacrónicamente.

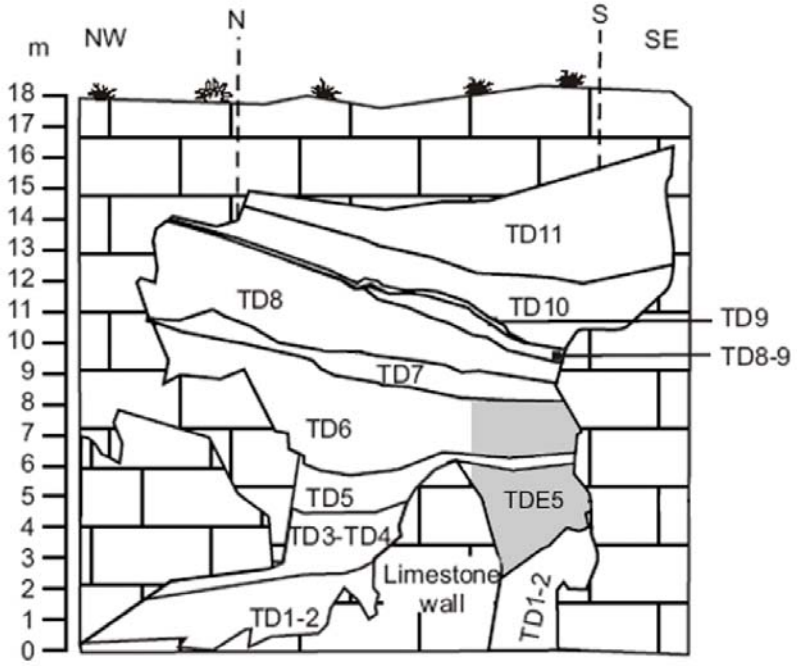

Figura 11.1. Sección de Gran Dolina. Se señala en gris el área intervenida por el sondeo en los niveles TDE5 y TD6 y de donde proceden las muestras que van a ser estudiadas en esta Tesis Doctoral. Modificada de Rodríguez y colaboradores (2010).

Con la finalidad de mantener cierta coherencia en el estudio, y mientras ha sido posible (en el nivel 6 y en las tallas del techo de TDE5), se han elegido muestras de un mismo cuadro (H17) (Figura 11.2), permitiendo conocer la evolución diacrónica de los niveles. Cuando, por el contrario, no ha sido posible obtener las muestras de este mismo cuadro, como sucede en la parte inferior de TDE5, se ha elegido una muestra situada en G16.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

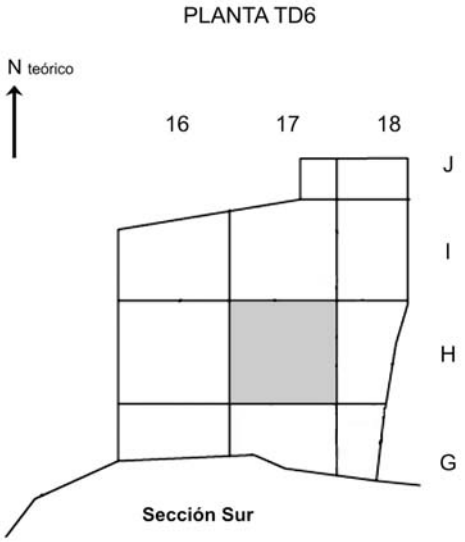

Figura 11.2. Planta del sondeo en el nivel TD6. En gris se señala la cuadrícula donde se han extraído gran parte de las muestras analizadas.

Las tallas del nivel TD6 estudiadas se han elegido en función a la representabilidad del estrato o subnivel al que pertenecen. Sin embargo, para el nivel TDE5 se debe tener en cuenta que la descripción y diferenciación de los subniveles se realizó con posterioridad a la extracción de las muestras. Así, las tallas excavadas y elegidas para este estudio se sitúan entre los diferentes subniveles descritos. Por esta razón, se ha optado por agrupar las muestras de TDE5 en función a su pertenencia a la parte inferior del nivel (TDE5 base), que se corresponde con los subniveles TDE5 d y TDE5 c, o a la parte superior (TDE5 techo), correspondiente a las subunidades TDE5 b y TDE5 a.

Procedencia de las muestras de Gran Dolina

Nivel	*Subnivel*	*Cuadro*	*Talla*	*Nº restos*
TD6	TD6-1	H17	T 34	2106
	TD6-2		T 40-41	652
	TD6-3		T 54	172
TDE5	techo	H17	T 61	994
	base		T 76	391
		G16	T 80	146
Total				4461

Tabla 11.1. Resumen de la procedencia de las muestras y el número de restos totales en cada una ellas de Gran Dolina.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En cada muestra se contabilizan todos los elementos esqueléticos pertenecientes a microvertebrados (mamíferos y no-mamíferos) y se calcula en NMI aproximado. El estudio de las alteraciones superficiales se ha realizado únicamente en los elementos esqueléticos pertenecientes a mamíferos a pesar de que no se incluyen los restos pertenecientes al orden Lagomorpha para mantener la coherencia con el análisis realizado en la Sima del Elefante. De este modo será posible realizar comparaciones entre ambos yacimientos de manera más fidedigna. A pesar de ello, si durante la contabilización se observan algunas alteraciones por digestión, se contemplan y explican al final de la descripción de cada uno de los niveles.

11.1. El nivel TDE5

El nivel TDE5 presenta una potencia de unos 1,5 m. Su matriz está compuesta por lutitas y arenas que contienen bloques soportados. Con posterioridad al sondeo realizado en 1992, y, por lo tanto, de la extracción de las muestras, se diferenciaron cuatro horizontes del nivel Este 5 de Trinchera Dolina, separadas entre sí por cicatrices continuas (a, b, c y d).

De este nivel se han estudiado tres muestras: una de la talla 61 y otra de la 76 y la última de la talla 80 (Tabla 11.1). Así, la talla 61 está incluida entre el subnivel a y b, mientras que las tallas 76 y 80 lo están entre el subnivel c y d. En conjunto, el número de restos fósiles estudiados asciende a 1531 elementos.

11.1.1 TDE5 base

Las subunidades c y d conforman la base del horizonte TDE5. Como se ha indicado anteriormente, el análisis tafonómico de los micromamíferos se realiza con las muestras H17 T76 y G16 T80.

11.1.1.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

El estudio de la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles conforma la primera parte del análisis tafonómico. El objetivo principal es conocer el origen del conjunto.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.1.1.1.1. Representación

El análisis de la base de TDE5 comprende 537 restos totales. El 69% de estos restos han sido identificados anatómica y taxonómicamente.

El número mínimo de individuos (NMI) asciende a 19 especímenes totales. Además, se ha detectado la presencia de un lagomorfo, representado por 2 molares deciduales aislados y 3 autópodos, aunque no incluido en el estudio. Entre los no-mamíferos, destacan los anuros y las aves de pequeño tamaño. Se ha contabilizado también un reptil escamoso (Figura 11.3).

La clase Mammalia, que conforma el 63% de la muestra, está representada por los ordenes Rodentia, Eulipotyphla y Chiroptera (Figura 11.3), los tres con baja variabilidad de especies. En el grupo de los roedores, sólo se hallan representados los géneros *Pliomys* y *Microtus*, mientras que en los insectívoros se hallan sorícidos. Los dos individuos quirópteros pertenecen al género *Myotis* (Figura 11.3).

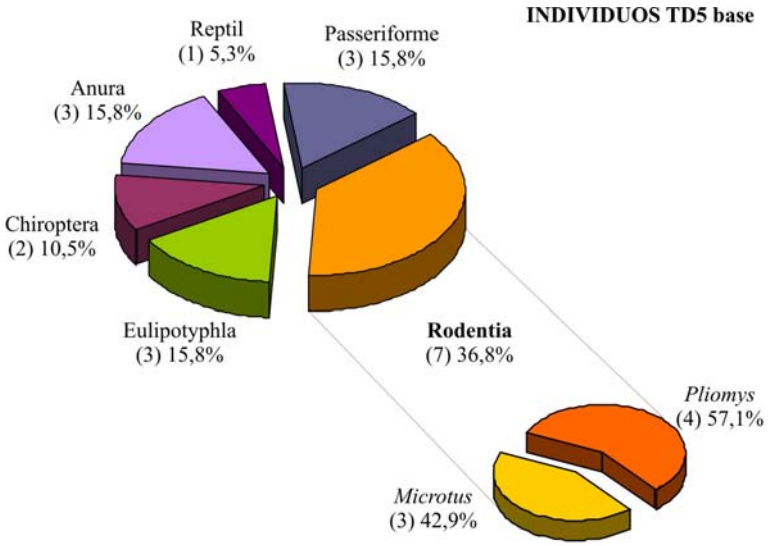

Figura 11.3. Representación gráfica del NMI de TDE5 base. Entre paréntesis el NMI absoluto.

En el conjunto de TDE5 base se contabilizan 500 restos de micromamíferos. El 66,6% de ellos han sido identificados anatómicamente. Además, cabe destacar que, en el grupo de los mamíferos, se han encontrado todas las partes esqueléticas representadas, inclusive un alto número de autópodos y vértebras (Tabla 11.2).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*	*%*
Cráneo-Maxilar	3	0,6
Mandíbula	8	1,6
Molar	70	14
Incisivo	32	6,4
Arco cigomático	4	0,8
Húmero	11	2
Radio	10	2,0
Ulna	5	1,0
Fémur	5	1,0
Tibia	17	3,4
Cintura	3	0,6
Vértebra	32	6,4
Costilla	14	2,8
Autópodo	119	23,8
Indeterminado	167	33,4
Total	500	

Tabla 11.2. Número de elementos anatómicos (n) de roedores, insectívoros y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TDE5 base.

El conjunto de elementos de mamífero presenta una alta representación de tibias, incisivos y molares. Al mismo tiempo, presenta baja representaciones de ulnas y fémures (Figura 11.4). El promedio de representación ofrece valores del 41,5%, con una desviación estándar de 18,6. Ello indica una buena conservación general de los restos que conformarían la muestra original, con cierta homogeneidad para cada uno de los elementos.

Los índices de relación Pc/C y H+F/CMx+Md de TDE5 base revelan un predominio de los restos postcraneales sobre los craneales (Tabla 11.3). Además, el valor del índice Ms/Av denota una importante pérdida de maxilares y mandíbulas en la muestra (Tabla 11.3).

El índice de relación entre los elementos distales y los proximales de las extremidades expone una mayor presencia de los primeros, es decir, una destrucción preferencial de los elementos proximales (Tabla 11.3).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

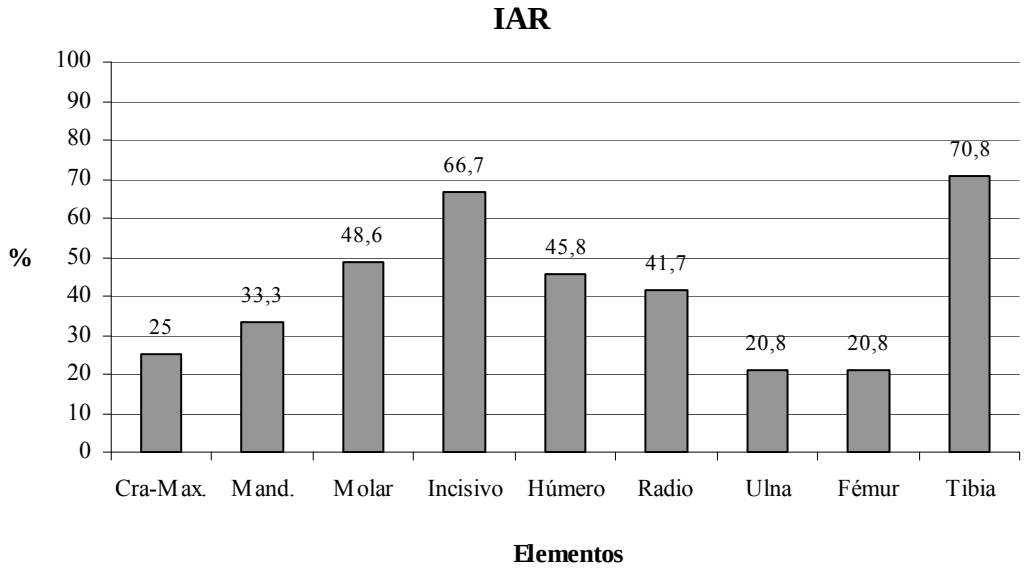

Figura 11.4. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TDE5 base. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

Índices de relación	
Pc/C	1,1
H+F/CMx+Md	1,5
R+T/H+F	1,7
Ms/Av	2,4

Tabla 11.3. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

11.1.1.1.2. Fractura

En los elementos postcraneales destaca el escaso porcentaje de restos completos. Entre los fragmentos, las epífisis, tanto proximales como distales, son las que muestran mayor representación (46%) (Figura 11.5).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

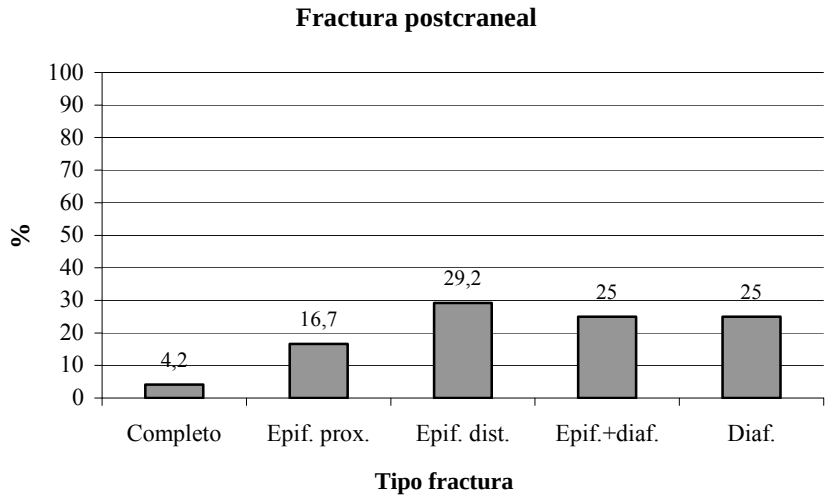

Figura 11.5. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TDE5 base. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

En TDE5 base no se ha hallado ningún cráneo (tipos de fractura *a*, *b* y *c*). Además, gran parte de los maxilares presentan fracturas de tipo *e* (Tabla 11.4). El único hemimaxilar de quiróptero hallado en la muestra presenta fractura de tipo *f* (Tabla 11.4). Los 4 arcos cigomáticos contabilizados en la muestra están en situación aislada.

Durante el estudio no se han hallado mandíbulas enteras. Los tipos de fracturas más comunes son el *b* y el *c* (Tabla 11.5). La totalidad de las mandíbulas han perdido la rama mandibular. Sin embargo, una parte de las mandíbulas de roedor presentan el borde inferior de la mandíbula roto (75%) y el 50% conservan el diastema intacto.

El porcentaje de pérdida de dientes es mayor en los maxilares que en las mandíbulas. Cabe destacar que los incisivos se desprenden con mayor facilidad de sus alvéolos que los molares (Tabla 11.6).

En los molares de TDE5 base destaca la baja presencia de fracturación (25%). Sin embargo, gran parte de estos dientes están aislados de sus alvéolos (83%). Por su parte, Gran mayoría de los incisivos están rotos (78%) y aislados (97%) (Tabla 11.7).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Fractura Cráneos-Maxilares

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	0	0
c	0	0
d	0	0
e	2	66,6
f	1	33,3
g	0	0
Total	3	

Tabla 11.4. Tipología de fractura presentes en los cráneos-maxilares de TDE5 base. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Fractura Mandíbulas

Tipo de fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	5	62,5
c	2	25
d	1	12,5
Total	8	

Tabla 11.5. Tipología de fractura presentes en las mandíbulas de TDE5 base. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

	Molares			*Incisivos*		
	n perdidos	n esperados	% perdidos	n perdidos	n esperados	% perdidos
Crán.-Max.	11	12	91,7	4	4	100
Man.	13	24	54,2	7	8	87,5

Tabla 11.6. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores nos ofrece el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra.

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	2	2,9
		Enteros	10	14,3
	Aislados	Rotos	16	22,8
		Enteros	42	60
	Total		70	
Incisivos	*In situ*	Rotos	1	3,1
		Enteros	0	0
	Aislados	Rotos	24	75
		Enteros	7	21,9
	Total		32	

Tabla 11.7. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TDE5 base. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.1.1.1.3. Digestión

El 30% de los elementos estudiados en TDE5 base presentan trazas de digestión (49 restos), aunque cabe destacar que entre estos restos alterados no se halla ningún elemento de insectívoro ni de quiróptero. Además, en ningún caso las modificaciones por la acción de los jugos gástricos alcanzan grados fuertes ni extremos (Tabla 11.8).

Entre los molares destaca la ausencia de digestión, aunque se han identificado alteraciones en grado ligero y moderado en el 43% de ellos (Tabla 11.8 y Figura 11.6). La mayor parte de los incisivos no presentan digestión, y, los que la poseen, muestran únicamente alteraciones en grado ligero (Tabla 11.8 y Figura 11.6).

Digestión

Grado	Molares		Incisivos		Postcraneal	
	n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	30	56,6	12	60	20	52,6
Ligera	19	35,8	8	40	17	44,7
Moderada	4	7,5	0	0	1	3
Fuerte	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0
Total*	53		20		38	

Tabla 11.8. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TDE5 base. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual. * Parte de los elementos no ha sido estudiado dado el grado y tipo de fractura que presentan.

Se pueden observar elementos alterados por digestión en los restos postcraneales. Destacan los elementos con grados ligeros, alcanzando, ocasionalmente, grados moderados (Tabla 11.8 y Figura 11.6).

Cerca del 16% de los elementos postcraneales con digestión presentan las paredes óseas de la metáfisis o la diáfisis adelgazadas y los bordes de fractura redondeados. En estos restos, la superficie de la diáfisis carece de picoteado característico de la alteración por digestión en grados moderados. Todo ello indica que estos restos se fracturaron durante el proceso de digestión, y que, durante ese proceso, los jugos gástricos afectaron los bordes de fractura, alterándolos ligeramente.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

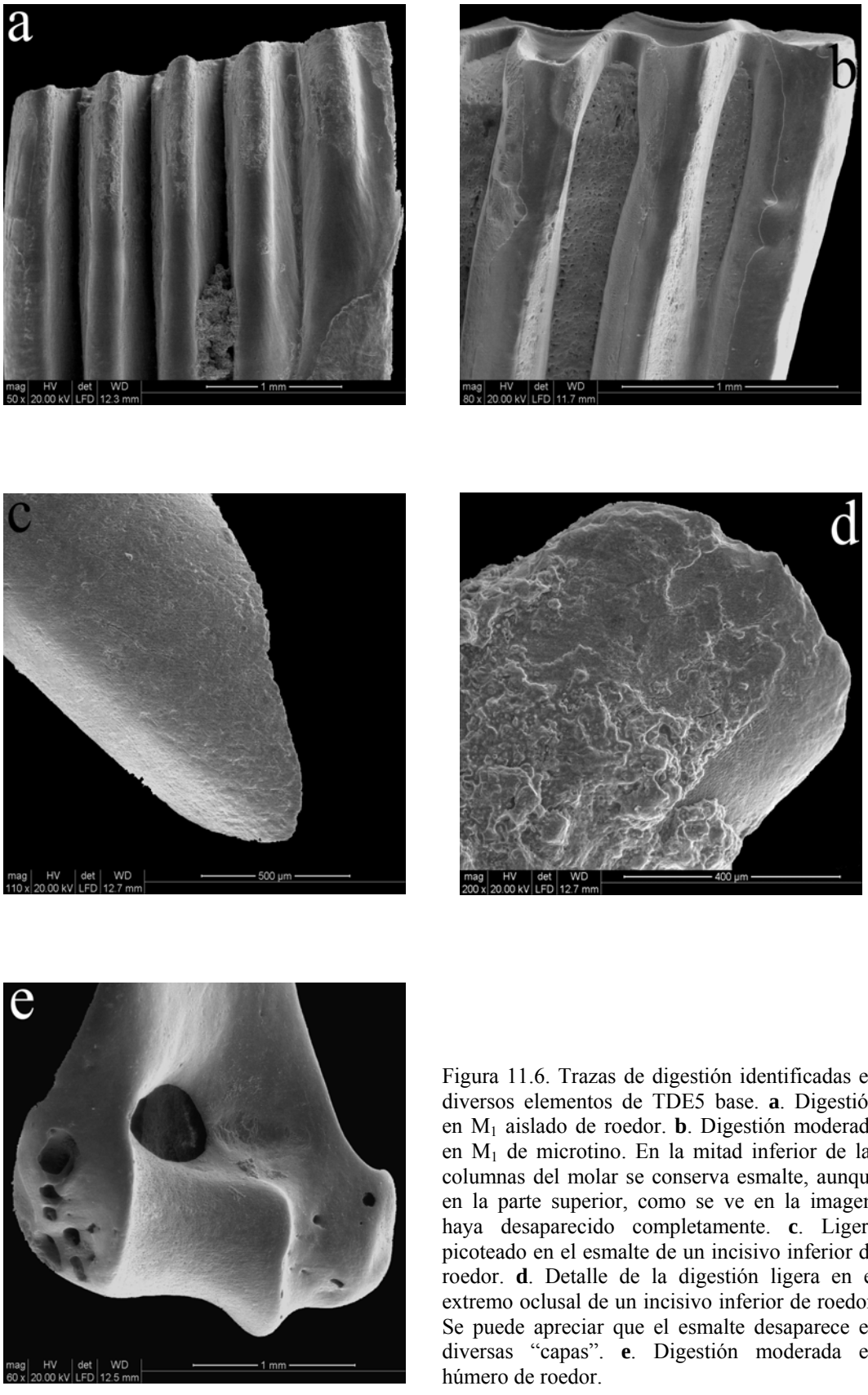

Figura 11.6. Trazas de digestión identificadas en diversos elementos de TDE5 base. **a**. Digestión en M_1 aislado de roedor. **b**. Digestión moderada en M_1 de microtino. En la mitad inferior de las columnas del molar se conserva esmalte, aunque en la parte superior, como se ve en la imagen, haya desaparecido completamente. **c**. Ligero picoteado en el esmalte de un incisivo inferior de roedor. **d**. Detalle de la digestión ligera en el extremo oclusal de un incisivo inferior de roedor. Se puede apreciar que el esmalte desaparece en diversas "capas". **e**. Digestión moderada en húmero de roedor.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.1.1.1.4. Identificación del predador

Las alteraciones derivadas del proceso de predación permiten caracterizar el conjunto de micromamíferos desde un punto de vista tafonómico. Los principales rasgos se resumen en la tabla 11.9.

El conjunto de TDE5 base se caracteriza por poseer un bajo o medio número de restos e individuos (Tabla 11.9). Entre el NMI, destacan los mamíferos, especialmente los roedores.

Resumen de las alteraciones de TD5 base	
Nº Restos (n)	537
Identificados (%)	69
NMI (n)	19
Roedores (%)	36,8
Insectívoros (%)	15,8
Quirópteros (%)	10,5
Media de IAR (%)	41,5
Desv. estándar de IAR	18,6
Pc/C	1,1
H+F/CMx+Md	1,5
R+T/H+F	1,7
Ms/Av	2,4
Fractura postcraneal (%)*	4,2
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	93,8
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	100
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	62,5
Fractura dientes (%)■	42,2
Digestión molares (%)+	43,4/Mod.
Digestión incisivo (%)+	40/Lig.
Digestión postcraneal (%)+	47,4/Mod.

Tabla 11.9. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD5 base. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lid.: ligero; Mod.: moderada.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Un total de 49 elementos craneales o postcraneales poseen trazas de digestión en superficie. Estos restos evidencian que parte o la totalidad de los roedores de TDE5 base tienen un origen escatológico. Por el contrario, no hay evidencias de digestión en ningún elemento de sorícido ni de quiróptero. Aunque es posible que los dientes de estas familias sean más resistentes a la acción de los jugos gástricos, a día de hoy no se puede asegurar que el origen de estos ejemplares se deba a la actividad biológica de la predación.

Con la finalidad de averiguar al predador mayoritario o predadores de los restos de TDE5 base, se observan el porcentaje y el grado de alteración de los diferentes elementos. En cuanto a la digestión de los roedores, el grado de alteración en incisivos conduce a pensar en un predador de categoría de modificación D_I 2. En esta categoría se hallan las rapaces búho chico (*Asio otus*), búho de Verreaux (*Bubo lacteus*) y cárabo lapón (*Strix nebulosa*). Sin embargo, el porcentaje de incisivos con digestión registrado en este subnivel es del 40%, siendo mayor a lo esperado para la categoría de alteración D_I 2. En la categoría de alteración de incisivos superior a ésta, la D_I 3, se halla al búho manchado (*Bubo africanus*), el búho real (*Bubo bubo*), el cárabo común (*Strix aluco*) y el mochuelo europeo (*Athene noctua*). Estos predadores suelen alterar entre el 50 y el 70% de los restos, y alcanzan comúnmente grados moderados y fuertes, siendo éstas modificaciones muy superiores a las observadas en TDE5 base.

El porcentaje de molares digeridos y el grado de alteración que poseen conduce a pensar en un predador de categoría de modificación 3 de D_M. En esta categoría se hallan rapaces como el búho real, cárabo común y algunos vivérridos.

Por su parte, el porcentaje de elementos postcraneales alterados señala que el predador se halla entre las especies que forman la categoría 2 de modificación D_P, excluyendo a los vivérridos de entre los candidatos. En esta categoría se halla al búho manchado, al búho real y al cárabo común.

Así, tanto la digestión en molares como en restos postcraneales indica un predador de categoría general 2, aunque el grado de digestión en incisivos es menor al esperado para estos predadores.

Tal y como se ha observado en la experimentación, cuando se halla una discrepancia en el patrón de alteración de los elementos, se debe tener en cuenta la posibilidad de una mezcla de varios depredadores. Sin embargo, la divergencia observada entre el grado de digestión y el porcentaje de incisivos no es lo suficientemente significativa como para ser atribuida a una mezcla. De este modo,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

podría estar relacionada con la variabilidad intraespecífica del predador que interviene en el consumo de los restos. Así, sugerimos la presencia un único predador mayoritario en TDE5 base que alteraría los incisivos en grados menores a los esperados para la categoría de alteración establecida para su especie.

Según la digestión de molares y elementos postcraneales, este predador, de categoría general 2, puede hallarse entre el búho real y el cárabo común. El cárabo suele infligir grados de alteración mayores en los restos consumidos que el búho real, alcanzando, frecuentemente, grados fuertes de digestión en molares e incisivos. El búho real, en cambio, suele realizar alteraciones en grado moderado. Las alteraciones observadas en este subnivel son menores a las esperadas para un cárabo común, y más parecidas a las que realizaría un búho real en sus concentraciones. Así, el búho real es el predador propuesto como candidato a producir tafonómicamente los restos de micromamíferos de TDE5 base.

El resultado del análisis indica un promedio de representación de elementos medio. La relación entre los elementos craneales y postcraneales, y el importante número de restos fracturados, en grados moderados, podría indicar una rapaz nocturna de capacidad de alteración general 2 (aunque presenta ligera tendencia a 3). Ello parece ser coherente con la intervención de un predador como el búho real, con técnicas de caza, ingestión y regurgitación que favorecen la fractura moderada. No obstante, el grado de fractura y representación inflingido por la rapaz puede haberse visto modificado por los agentes de carácter postdeposicional.

11.1.1.2. Alteraciones postdeposicionales

A continuación, y tras la descripción e interpretación de las alteraciones relacionadas con la predación, se describen las alteraciones que aparecen después de la deposición de los restos. Estas alteraciones no presentan ningún tipo de selección diferencial anatómica ni taxonómica. De esta manera, las modificaciones afectan a todos los tejidos esqueléticos fosilizados, elementos y especies representadas en la muestra.

La coloración que presentan los restos estudiados de TDE5 base es, en general, marrón castaño, presentando, ocasionalmente, tonos oscuros y rojizos.

Entre las alteraciones postdeposicionales observadas, destacan los óxidos de manganeso. Estas tinciones de color negro afectan al 90% de los restos estudiados (Figura 11.7). La alteración por óxidos de manganeso se distribuye, generalmente,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

sobre la superficie de los restos. Destaca la distribución de las tinciones negras de forma generalizada y aislada sobre la superficie (Tabla 11.10).

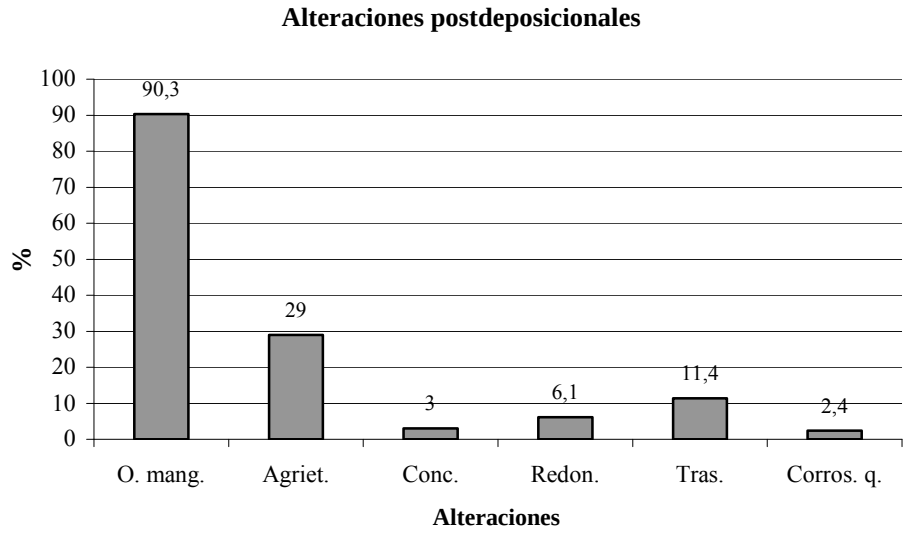

Figura 11.7. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TDE5 base. O. mang.: óxidos de manganeso; Agriet.: agrietamientos; Con.: concreciones; Redon.: redondeamientos; Tras.: traslúcido; Corros. q.: corrosión química.

Óxido de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	40,9
Disperso	16,8
Concentrado	0,7
Generalizado	41,6

Tabla 11.10. Distribución de las tinciones por óxido de manganeso en la superficie de los restos estudiados.

Se hallan agrietamientos de profundidad variable en el 29% de la muestra (Figura 11.7). La mayoría (79,2%) son pequeñas estrías muy finas y sin profundidad, o pequeñas fisuras (18,8%). En ambos casos, los agrietamientos siguen la línea de formación del colágeno de los huesos y dientes que afecta.

Los bordes anatómicos o de fractura del 6% de los elementos presentan redondeamientos en grado 1 (Figura 11.7), aunque en ningún caso se relaciona con pulido.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Entre los restos de TD5 base se ha detectado la presencia de un 11% de elementos con aspecto traslúcido parcial o total. Parte de estos restos presentan bordes de fractura angulosos. Se han descrito estrías con sección en forma de "U" y de dirección variable en el 3% de los restos. Estas estrías se relacionan con el proceso de alteración del *trampling*. El 3% de los restos poseen adiciones locales de minerales y el 2,4% están afectados por corrosión química (Figura 11.7).

Las alteraciones de origen postdeposicional identificadas en los restos permiten identificar a algunos de los diversos agentes implicados en la formación del estrato estudiado. Así, la identificación de los redondeamientos se relaciona con la abrasión hídrica y el transporte, mientras que los abundantes agrietamientos indican que los fósiles afectados experimentaron importantes cambios de temperatura y humedad.

La presencia de precipitación de óxidos de manganeso en la mayoría de los restos estudiados señala un ambiente de elevada húmedad o caracterizado por la alternancia de ciclos de oxidación y reducción.

Las concreciones y la corrosión química se hallan en un pequeño porcentaje de restos. Las adiciones minerales evidencian la presencia de goteo en la cavidad seguido de momentos de desecación.

El aspecto traslúcido puede estar relacionado con alteraciones de los porcentajes de P y Ca aunque, se considera esta alteración de origen desconocido a la espera de futuros análisis.

El grado de fracturación de la muestra podría estar relacionada con agentes postdeposicionales como el pisoteo o la presión de sedimentos, aunque no ha sido posible evaluar de forma precisa la influencia que han tenido estos procesos en TDE5 base.

11.1.2. TDE5 techo

Las subunidades a y b conforman el techo del nivel TDE5. Como se ha indicado anteriormente, para el análisis tafonómico de los micromamíferos se utiliza la muestra H17 T61.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.1.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

El análisis tafonómico de micromamíferos dirigido a conocer el origen de la acumulación se dividen en tres partes diferenciadas: el estudio de la representación de elementos esqueléticos, el estudio de la fracturación y el del grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles.

11.1.2.1.1. Representación

Los restos de microvertebrados que forman la parte superior de TDE5 ascienden a 994. La tasa de elementos identificados anatómica o taxonómicamente es del 59,2%, siendo el porcentaje de determinados más bajo registrado hasta el momento.

Se han contabilizado 38 individuos, distribuidos en dos grandes grupos: los mamíferos y los no-mamíferos. En este segundo grupo, se hallan los anuros y paseriformes.

La clase Mammalia conforma el grupo de individuos más abundante (Figura 11.8). En ella, destaca el orden Rodentia. Los roedores de TDE5 techo pertenecen, en su mayoría a la familia de los arvicólidos (géneros *Microtus*, *Pliomys* y *Mimomys*). La única representación de la familia de los múridos es el género *Apodemus* (Figura 11.8).

En el orden Eulipotyphla, los mamíferos insectívoros, destaca la presencia de *Talpa* cf. *europaea* y *Sorex* sp. (Figura 11.8).

Los elementos de mamíferos suponen el 55,4% de los elementos totales. Entre ellos, se hallan todos los elementos esqueléticos representados, inclusive las vértebras, las costillas y los autópodos (Tabla 11.11).

El porcentaje de elementos no determinados anatómicamente entre los mamíferos asciende al 45% (Tabla 11.11). La mayoría de los elementos que forman el grupo de los indeterminados son pequeños fragmentos diafisarios, donde la ausencia de inserciones musculares, crestas, agujeros nutricios, canales y cavidades, dificulta la correcta identificación del hueso estudiado.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

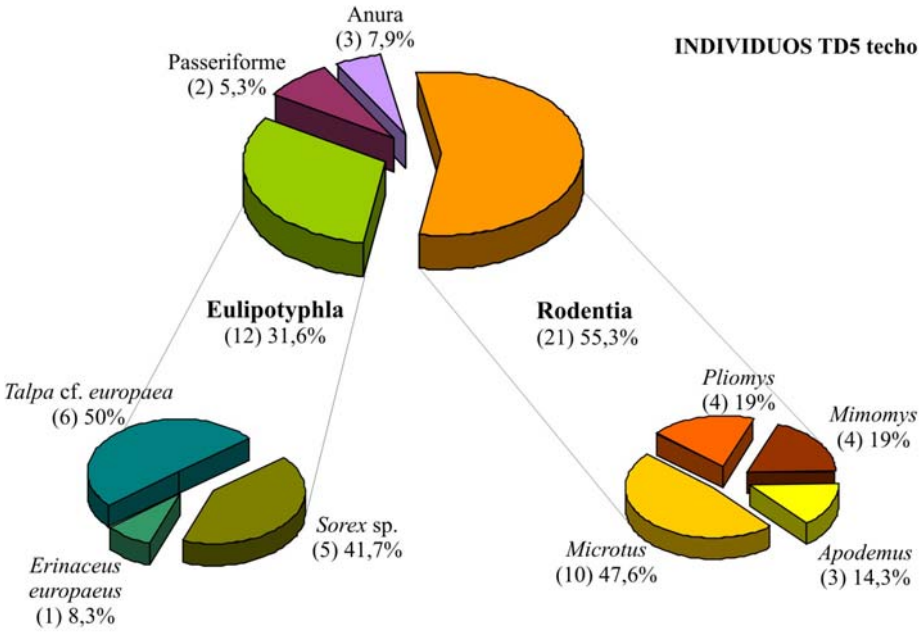

Figura 11.8. Representación gráfica del NMI de TDE5 techo. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*	*%*
Cráneo-Maxilar	4	0,4
Mandíbula	30	3,3
Molar	127	14
Incisivo	123	13,5
Arco cigomático	2	0,2
Húmero	19	2,1
Radio	11	1,2
Ulna	12	1,3
Fémur	6	0,7
Tibia	19	2,1
Cintura	16	1,8
Vértebra	49	5,4
Costilla	10	1,1
Autópodo	75	8,3
Indeterminado	405	44,6
Total	908	

Tabla 11.11. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TDE5 techo.

El conjunto presenta alta representación de incisivos y buena representación de mandíbulas. Los elementos con abundancias relativas menores son los fémures y los

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

cráneos-maxilares (Figura 11.9). El promedio de representación es del 31,6% y los valores de desviación estándar son altos (25,7). Ello indica que la conservación general media de los restos es baja y que, además, existe una gran heterogeneidad entre los elementos representados.

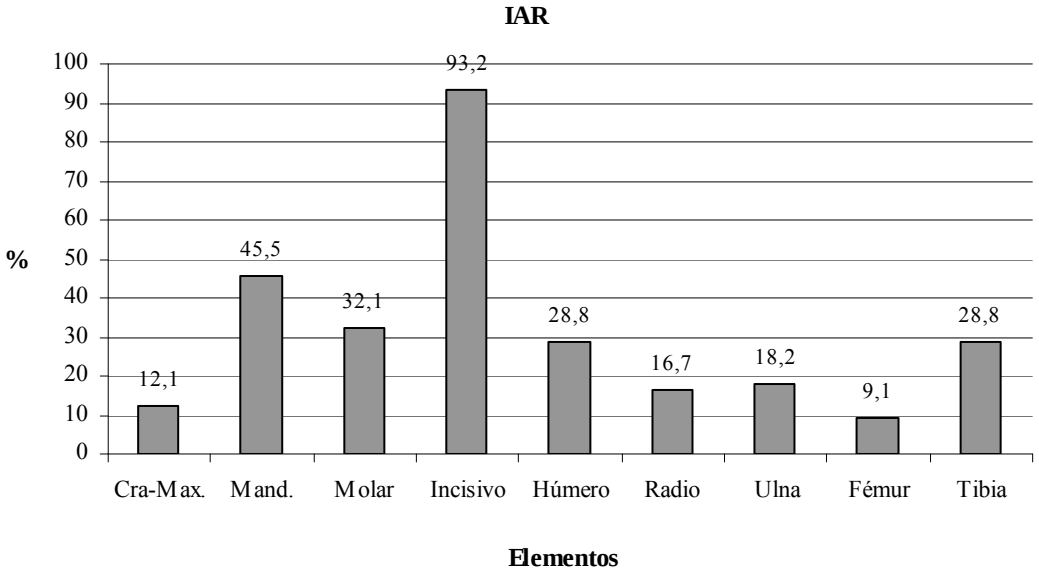

Figura 11.9. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TDE5 techo. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

Los dos índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), sugieren una mayor presencia de los restos craneales (Tabla 11.11). El índice distal/proximal (R+T/H+F) indica que, en los huesos largos existe una clara desaparición de los elementos proximales (Tabla 11.11).

Índices de relación	
Pc/C	0,9
H+F/CMx+Md	0,7
R+T/H+F	1,2
Ms/Av	1,6

Tabla 11.12. Índices de relación entre elementos craneales y postcraneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de pérdida preferencial de elementos distales (R+T/H+F) e índice de relación entre los molares aislados y los alvéolos vacíos (Ms/Av).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El valor resultante de aplicar el índice del Ms/Av indica un predominio de los molares aislados (Tabla 11.12). Esto supone que una parte de los maxilares y mandíbulas que formaban originalmente el conjunto ha desaparecido de la muestra.

11.1.2.1.2. Fractura

Existe baja representación de elementos completos en los huesos largos que conforman TDE5 techo. Entre las roturas, destacan las epífisis o fragmentos de epífisis (63%). Además, también son significativas las diáfisis aisladas (Figura 11.10).

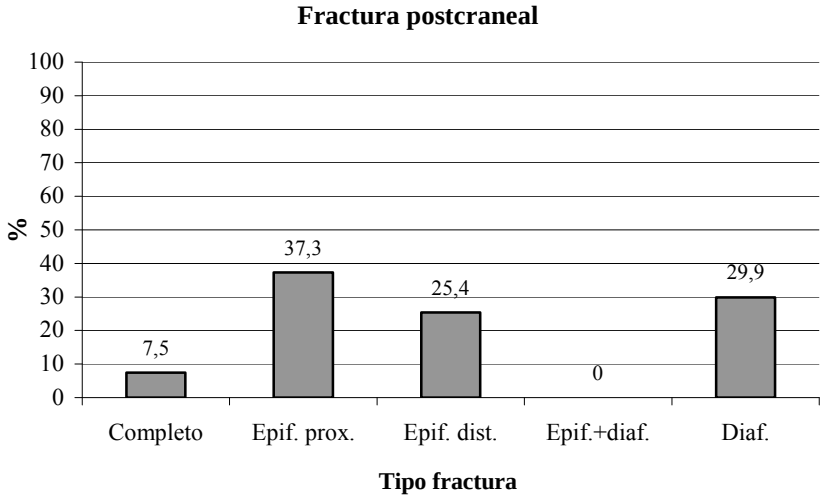

Figura 11.10. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TDE5 techo. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

Todos los cráneos-maxilares pertenecen a las categoría de fracturación máxima (tipos *f* y *g*) (Tabla 11.13).

En la muestra se han recuperado 2 arcos cigomáticos que representan el 25% de los esperados según el número de maxilares de roedor habidos en la muestra. Uno de lo arcos cigomáticos está *in situ* en el maxilar.

Los tipos de fracturas más comunes en las mandíbulas son el *b* y el *d* (Tabla 11.14). Aún así, debemos destacar la presencia de un 17 % de mandíbulas con rotura tipo *c* y la presencia de una mandíbula (3%) completa (Tabla 11.14).

Aunque predominan las mandíbulas que han perdido la rama mandibular (90%), se debe destacar que el 60% conservan el borde inferior de la mandíbula entero y el 50% el diastema.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Fractura Cráneos-Maxilares

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	0	0
c	0	0
d	0	0
e	0	0
f	1	25
g	3	75
Total	4	

Tabla 11.13. Tipología de fractura presentes en los cráneos-maxilares de TDE5 techo. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual

Fractura Mandíbulas

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	1	3,3
a	1	3,3
b	12	40
c	5	16,7
d	11	36,7
Total	30	

Tabla 11.14. Tipología de fractura presentes en las mandíbulas de TDE5 techo. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual

El mayor número de alvéolos vacíos corresponden a incisivos en maxilares (Tabla 11.15). Sin embargo, los alvéolos correspondientes a incisivos en mandíbulas presentan menor desprendimiento de los dientes contenidos en ellos. Los alvéolos vacíos de sus respectivos molares son más abundantes en el maxilar que en la mandíbula (Tabla 11.15).

Pérdida de dientes de sus alvéolos

	Molares			*Incisivos*		
	n perdidos	n esperados	% perdidos	n perdidos	n esperados	% perdidos
Crán-Max.	13	24	54,2	8	8	100
Man.	37	90	41,1	17	30	57

Tabla 11.15. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores nos ofrece el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Crán-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra.

El 73,2% de los molares están enteros y el 63,8% están fuera de sus alvéolos. Entre los incisivos, destacan los restos rotos (88%) y aislados (89%) (Tabla 11.16).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	*In situ*	Rotos	7	5,5
		Enteros	39	30,7
	Aislados	Rotos	27	21,3
		Enteros	54	42,5
	Total		127	
Incisivos	*In situ*	Rotos	11	8,9
		Enteros	2	1,6
	Aislados	Rotos	96	78
		Enteros	14	11,4
	Total		123	

Tabla 11.16. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TDE5 techo. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual

11.1.2.1.3. Digestión

En líneas generales, los restos con digestión son escasos en TDE5 techo, puesto que sólo el 13% de la asociación presenta trazas de alteración por jugos gástricos. No hay ningún elemento de insectívoro con digestión y, entre los de roedor, predomina la ausencia de digestión (Tabla 11.17).

Gran parte de los molares estudiados (87%) carecen de alguna traza o señal que indique la acción de jugos gástricos. De entre los molares alterados, se registran alteraciones en grado ligero (Tabla 11.17).

El 88,5% de los incisivos no poseen alteraciones relacionadas con la digestión. El porcentaje restante de los incisivos recuperados presenta indicios de ligera digestión (Tabla 11.17). Estas modificaciones son observables en la superficie del extremo oclusal del diente, indicando que, probablemente, el diente estaba retenido en su alvéolo durante el proceso de digestión.

Al igual que en los dientes, en los elementos postcraneales predominan los restos carentes de digestión. Entre los elementos digeridos, el grado más representado es el ligero, aunque cabe destacar la presencia de un resto, con alteraciones en grado moderado (Tabla 11.17).

Existen algunos elementos postcraneales con los bordes de fractura redondeados y las paredes óseas de la metáfisis o la diáfisis adelgazadas (porcentaje inferior al 5% de los huesos largos digeridos). Sin embargo, la superficie diafisal

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

carece de alteración por digestión, razón por la que se estima que dichos restos se fracturaron durante el proceso de digestión, alterándolos ligeramente.

Digestión

Grado	Molares		Incisivos		Postcraneal	
	n	%	n	%	n	%
Ausente	104	86,7	92	88,5	50	80,6
Ligera	16	13,3	12	11,5	11	17,7
Moderada	0	0	0	0	1	2
Fuerte	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0
Total*	120		104		62	

Tabla 11.17. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TDE5 techo. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual. *La rotura por la zona oclusal de 7 molares y 19 incisivos no permite analizar las de alteraciones relacionadas con la digestión.

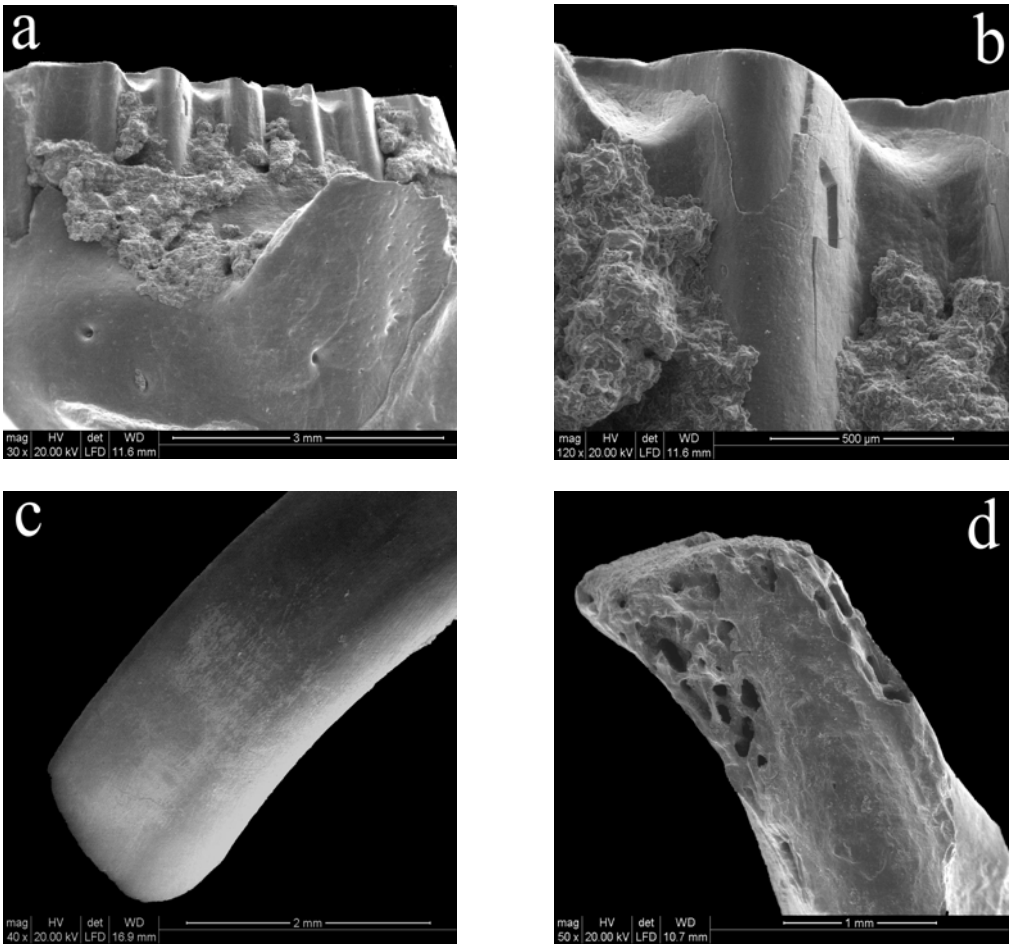

Figura 11.11. Digestión en los restos de TDE5 techo. **a**. Digestión ligera en M_1 de microtino *in situ* **b**. Detalle de la digestión en los ápices verticales **c**. Digestión ligera en incisivo **d**. Digestión en grado moderado en húmero de roedor.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.1.2.1.4. Identificación del predador

Los principales rasgos tafonómicos derivados de la predación de los restos de TDE5 techo están resumidos en la tabla 11.18.

Resumen de las alteraciones de TD5 techo	
Nº Restos (n)	994
Identificados (%)	59,2
NMI (n)	38
Roedores (%)	55,3
Insectívoros (%)	31,6
Media de IAR (%)	31,6
Desv. estándar de IAR	25,7
Pc/C	0,9
H+F/CMx+Md	0,7
R+T/H+F	1,2
Ms/Av	1,6
Fractura postcraneal (%)*	7,5
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	65,6
Fractura mandíbulas (%)*	3,3
Pérdida de la rama mandibular (%)	90
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	45
Fractura dientes (%)■	56,4
Digestión molares (%)+	13,3/Lig.
Digestión incisivo (%)+	11,5/Lig.
Digestión postcraneal (%)+	19,4/Mod.

Tabla 11.18. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD5 techo. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lig.: ligero; Mod.: moderada.

En los 908 restos de TDE5 techo se hallan 40 elementos con evidencias de digestión. A pesar de que el porcentaje de elementos digeridos es bajo, la presencia de esta digestión indica que parte del conjunto se debe a la producción biogénica de un predador. Únicamente se ha detectado digestión en los elementos pertenecientes a roedores. Así, esta ausencia de digestión en insectívoros no permite asegurar, con la muestra utilizada, que el origen de estos individuos sea producto de la predación.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Para identificar al predador o predadores originarios de la acumulación, se observan las alteraciones por digestión de los diferentes elementos. Así, el porcentaje de incisivos digeridos y el grado de alteración que alcanzan indica la intervención de un predador de categoría D_I 1. Esta categoría está compuesta por especies como lechuza común (*Tyto alba*), lechuza campestre (*Asio flammeus*) y búho nival (*Nyctea scandiaca*).

Por su parte, el porcentaje de molares con digestión (13%) supone la acción de una rapaz de categoría D_M 3, donde se hallan búho real (*Bubo bubo)* y cárabo común (*Strix aluco*). Estos predadores, comúnmente alcanzan grados moderados y fuertes. Sin embargo, el grado de alteración observado en los molares digeridos de TDE5 techo es ligero, indicando la presencia de un predador de categoría de alteración inferior, 1 o 2. En la categoría de modificación 1 de molares se halla a la lechuza común, lechuza campestre, al búho chico (*Asio otus*) y al búho de Verreaux (*Bubo lacteus*), mientras que en la categoría 2 se encuentra al búho nival, búho manchado (*Bubo africanus*) y cárabo lapón (*Strix nebulosa*).

La digestión en los elementos postcraneales de este subnivel revela la acción de un predador de categoría de alteración D_P 1, donde se encuentra a lechuza común, lechuza campestre, al búho chico, búho nival y cárabo lapón.

Con la finalidad de discernir entre los predadores descritos hasta el momento como candidatos a predadores de TDE5 techo, se observa el grado de fracturación. A pesar de que existe un elevado número de fracturas relacionadas con las alteraciones postdeposicionales, la presencia de mandíbulas enteras o con poca fractura, y la presencia de pocos molares aislados y rotos, podría indicar que el predador está situado en la categoría mínima de alteración. Así, la pérdida de dientes registrada en búho manchado y búho de Verreaux, es mayor a la aparecida en TDE5 techo, por lo que, posiblemente, descarte a estos dos grandes búhos como candidatos.

De este modo, los candidatos más probables para ser los autores de esta acumulación son la lechuza común, la campestre y el búho chico. Estas tres rapaces poseen grados de representación, fractura y digestión de incisivos, molares y elementos postcraneales muy similares, así como semejanzas en cuanto a la alimentación, la selección de presas, la distribución y el hábitat. De esta manera, es difícil discernir entre una y otra como predador causante de la agrupación. No obstante, el búho chico suele presentar una característica restricción de la alteración por digestión en el extremo oclusal del incisivo, lo que indica una elevada tasa de retención dentro del sus alvéolos. Esta particularidad también se observa en los

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

incisivos de TDE5 techo, por lo que, probablemente, el búho chico sea el candidato más firme entre los tres posibles para ser el autor del conjunto de micromamíferos.

11.1.2.2. Alteraciones postdeposicionales

En la parte del estudio tafonómico que sigue, se describen las alteraciones de origen postdeposicional detectadas en la superficie de los elementos de TDE5 techo. Con anterioridad a dicha descripción, se debe remarcar que ninguna de las modificaciones presenta ningún tipo de selección anatómica y taxonómica. La coloración general de la muestra es en tonos marrones y rojizos oscuros, y, en ocasiones, negros.

La alteración de carácter postdeposicional que afecta en mayor medida a los restos de TDE5 techo es la precipitación de óxidos de manganeso. El 60% de los restos estudiados presentan tinciones de color negro, indiscriminadamente del elemento y orden al que pertenecen (Figura 11.12). Habitualmente, esta alteración se distribuye sobre la superficie de los restos. No obstante, es posible encontrarla en los bordes de fractura y en el interior de las diáfisis de numerosos huesos largos, indicando que la fractura fue anterior a la deposición de manganesos. Destaca la distribución de las tinciones negras de forma aislada y dispersa sobre la superficie (Tabla 11.19).

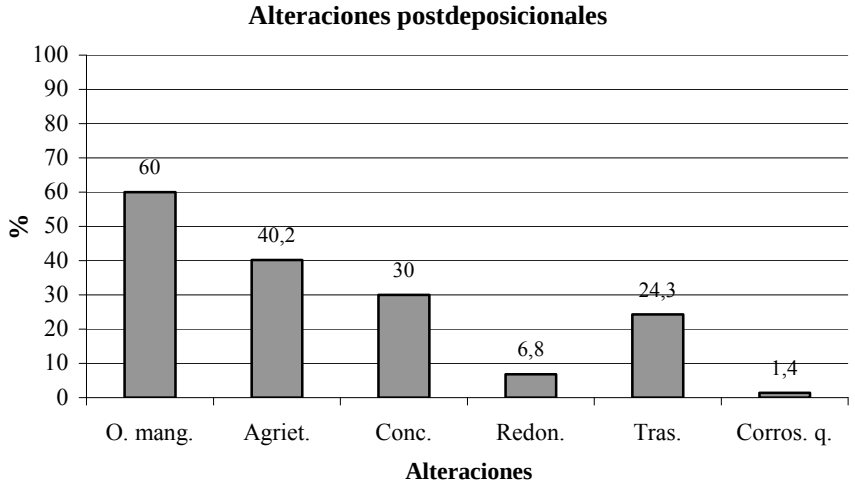

Figura 11.12. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TDE5 techo. O. mang.: óxidos de manganeso; Agriet.: agrietamientos; Conc.: concreciones; Redon.: redondeamientos; Tras.: traslúcido; Corros. q.: corrosión química.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Óxidos de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	56,1
Disperso	29,2
Concentrado	11,3
Generalizado	3,3

Tabla 11.19. Distribución de las tinciones por óxido de manganeso en la superficie de los restos estudiados.

Los agrietamientos son comunes en los restos de TDE5 techo, puesto que se hallan en el 40% de la muestra. Éstos afectan indistintamente a todos los elementos esqueléticos de cualquier familia y pueden variar en profundidad alcanzando a ser verdaderas fisuras en el hueso. Generalmente (88,7% de los restos) suelen presentarse como pequeñas hendiduras muy finas y sin profundidad en la superficie de los restos. Sin embargo, en ocasiones (11,3%), los elementos pueden presentar grandes fisuras de anchura y profundidad variables.

En el 30% de los restos se han detectado adiciones minerales. Estas concreciones tienden a ser aisladas, a pesar de que hay una importante parte de la muestra con concreciones generalizadas en la superficie o en el interior de la diáfisis. Junto con estas concreciones pueden observarse concreciones de color blanco, vinculadas con la precipitación de carbonato cálcico.

El 7% de los restos presenta los bordes anatómicos o de fractura redondeados en grado 1 y con ausencia total de pulido. También existe un pequeño porcentaje de restos afectados por corrosión química (1,4%)

Una parte importante de los restos de TDE5 techo (24%) posee un aspecto traslúcido (Figura 11.12). Esta alteración de la coloración está relacionada con el aspecto anguloso de los bordes de fractura y la coloración marrón rojizo con tendencia a tonos oscuros. Además, en muchos casos, esta modificación está relacionada con concreciones minerales.

Estas alteraciones sugieren la presencia de diversos agentes de modificación o procesos acaecidos tras la deposición de los restos. Así, los agrietamientos hallados en un elevado número de restos indica cambios bruscos o rápidos de temperatura y humedad en los restos una vez ya se han despojado del tejido biológico que los recubre.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Del mismo modo, la presencia de un gran número de restos afectados por óxidos de manganeso indica que el ambiente de deposición poseía un elevado grado de humedad. Esta alteración también se relaciona con la actividad de bacterias en un ambiente húmedo o anaeróbico.

La presencia de ligeros redondeamientos, con ausencia de pulidos, indica una ligera abrasión relacionada con el transporte de los restos.

El aspecto traslúcido parcial o total del 25% de restos pueden estar relacionados con variaciones en la proporción del P y el Ca.

Como hemos indicado en la presentación de datos, entre los numerosos huesos indeterminados existen un gran número de cilindros diáfisarios aislados. En gran parte de estas diáfisis, los bordes de fractura presentan un ángulo recto. Además, generalmente, la coloración de estos restos es marrón oscuro, con tonos rojizos y su aspecto es traslúcido. Así, se podría sugerir que el alto número de restos indeterminados y el elevado grado de fractura de parte de los restos de TDE5 techo está relacionado con la modificación de coloración traslúcida. Sin embargo, y a la espera de futuros análisis, se considera esta alteración de origen desconocido.

11.1.3. Resumen diacrónico de TDE5

La unidad TDE5 se caracteriza por estar formada por materiales exocársticos. En la potencia estratigráfica de este nivel, de 1,5 m., se distinguen, cuatro subniveles (a, b, c y d). La descripción y diferenciación de estos subniveles se realizó con posterioridad a la extracción de las muestras. Así, las tallas excavadas y elegidas para este estudio quedan entre los diferentes subniveles descritos. Por esta razón, se ha optado por agrupar las muestras de TDE5 en función de su pertenencia a la parte inferior del nivel (TDE5 base), que se corresponde con los subniveles TDE5 d y TDE5 c, y en función a su pertenencia a la parte superior (TDE5 techo), correspondiente a las subunidades TDE5 b y TDE5 a.

En la interpretación de cada subnivel estudiado, se ha tratado la formación de las diferentes asociaciones fósiles a través de las alteraciones tafonómicas identificadas. En la discusión diacrónica que nos ocupa, se observarán y describirán las similitudes y diferencias tafonómicas entre los restos estudiados de cada subnivel. Así, se examinará la homogeneidad o heterogeneidad de la formación del nivel 5 Este de Gran Dolina.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En TDE5 base y TDE5 techo se ha registrado un considerable número de restos y de individuos pertenecientes al grupo de los microvertebrados. En términos generales, la presencia de especies y de alteraciones en los tres subniveles de TDE5 son muy similares. En ambos destacan los mamíferos en el NMI contabilizado, sobre todo los roedores arvicólidos.

En todos los casos se han registrado todos los restos esqueléticos de mamíferos. El promedio de representación es medio para TDE5 base y bajo para TDE5 techo. En ambos subniveles existe una buena relación entre los elementos del cráneo y los huesos largos. No obstante, en TDE5 base se ha detectado un ligero predominio de los restos postcraneales, mientras que en los subniveles techo predominan los craneales.

La fractura de los elementos es muy diferente en los restos de base y techo del nivel. Mientras que en TDE5 base existe un importante número de restos fracturados, predominando los grados moderados y relacionados con la predación. En cambio, en TDE5 techo la fractura es mayor en porcentaje de afección y grados de alteración, aunque está estrechamente relacionada con los agentes postdeposicionales

Las trazas de digestión identificadas sobre los restos de roedores de todos los subniveles denotan predación. Por el contrario, los insectívoros y quirópteros no presentan trazas de digestión lo que no permite relacionar su presencia con la predación. A pesar ello, cabe la posibilidad de que la digestión no haya dejado ninguna alteración superficial en estos restos conservados.

El porcentaje y grado de digestión que manifiestan los dos conjuntos indica la intervención de dos predadores diferentes. Se ha propuesto al búho real como predador mayoritario de TDE5 base, mientras que para TDE5 techo se ha sugerido la intervención de un búho chico.

Las alteraciones postdeposicionales que muestran los restos de micromamíferos de TDE5 base y techo señalan la intervención de unos mismos agentes. En los dos subniveles abundan las mismas alteraciones, como las precipitaciones de óxidos de manganeso, los redondeamientos por abrasión hídrica, los agrietamientos, las concreciones, las corrosiones y el aspecto traslúcido.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2. El nivel TD6

El nivel TD6 presenta una potencia de entre 2-2,5 m., donde, según los diversos aportes, se distinguen tres horizontes. Estas tres etapas de relleno se han denominado, de suelo a techo, TD6-3, TD6-2 y TD6-1. La matriz de este nivel está formada, en la parte inferior del conjunto, por lutitas y arenas muy finas con aspecto caótico mientras que se presentan bien estratificadas en la parte superior. El número de restos fósiles del conjunto de TD6 estudiados en esta Tesis Doctoral es de 2930 elementos.

11.2.1. El subnivel TD6-3

El horizonte 3 conforma la base del nivel TD6. En el análisis tafonómico de los micromamíferos de esta subunidad se utiliza la muestra denominada H17 T54.

11.2.1.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

El análisis tafonómico de los restos de TD6-3 contempla, primero, el estudio de la representación, la fractura y la digestión. Posteriormente, se analizan las alteraciones de origen postdeposicional halladas en la superficie de los restos.

11.2.1.1.1. Representación

El conjunto del subnivel 3 de TD6 es, como veremos, el más pequeño de todos los subniveles estudiados. El número de restos totales asciende a 172. El 77,8% de estos restos se han identificado a nivel anatómico y/o taxonómico.

El NMI totales identificados asciende a 12. Entre los no-mamíferos destacan los paseriformes, o pequeñas aves, por encima de los anuros (Figura 11.13).

Los individuos que pertenecen a la clase Mammalia conforman el 75% de la muestra. Destacan los roedores, sobre todo la familia Arvicolidae (*Microtus* y *Mimomys*), aunque llama la atención la presencia de la familia Cricetidae (*Allocricetus*) (Figura 11.13). La presencia de un individuo perteneciente al orden Eulipotyphla, posiblemente adscrito al género *Sorex*, completa la clase Mammalia de TD6-3 (Figura 11.13).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

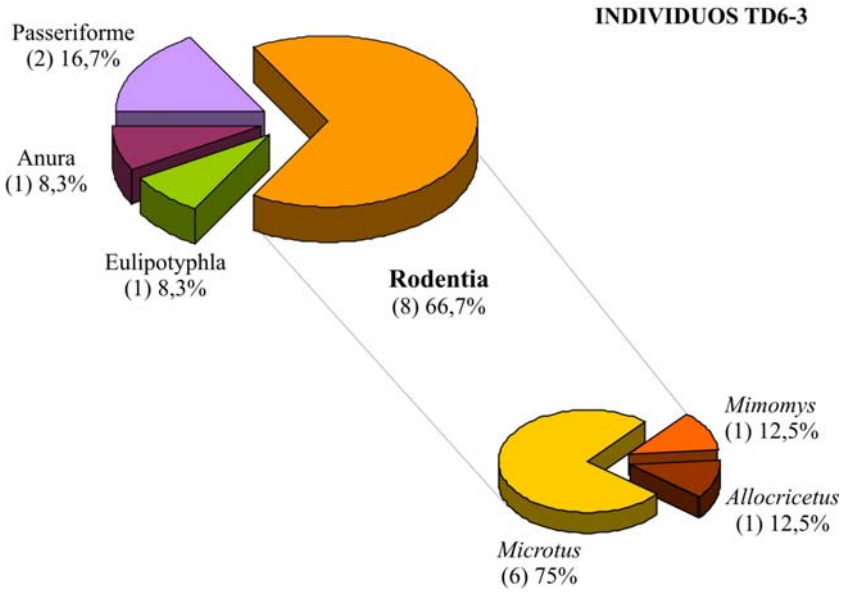

Figura 11.13. Gráfico del NMI de TD6-3. Entre paréntesis el NMI absoluto.

En el conjunto fósil de TD6-3 se han localizado 127 restos correspondientes a los individuos mamíferos. El 72,4% de estos restos ha sido identificado a nivel anatómico. En la muestra se han recuperado todos los elementos del esqueleto de los micromamíferos, inclusive autópodos, vértebras, y, en menor medida, cinturas y costillas (Tabla 11.20).

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*	*%*
Cráneo-Maxilar	3	2,4
Mandíbula	7	5,5
Molar	27	21,3
Incisivo	15	11,8
Arco cigomático	3	2,4
Húmero	5	4
Radio	0	0
Ulna	0	0
Fémur	6	4,7
Tibia	8	6,3
Cintura	1	0,8
Vértebra	7	5,5
Costilla	2	1,6
Autópodo	8	6
Indeterminado	35	27,6
Total	127	

Tabla 11.20. Número de elementos anatómicos (n) de Rodentia y Eulipotyphla, junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los elementos que poseen las abundancias relativas más altas son las tibias, los incisivos y las mandíbulas (menos del 45%). En cambio, no existen radios ni ulnas (Figura 11.14). Así, el promedio de representación es del 27% de los elementos esperados para 9 individuos, con una desviación típica del 16,6. Ello indica una baja representación general de los individuos y cierta homogeneidad entre las abundancias relativas de los elementos estudiados.

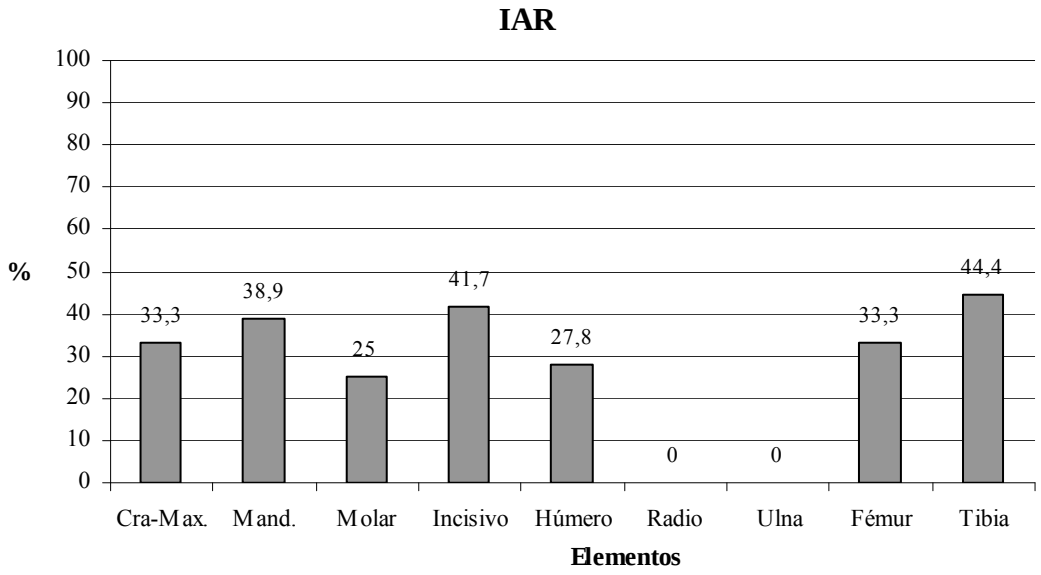

Figura 11.14. Representación gráfica del índice de abundancia relativa para los elementos de TD6-3. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

Los índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md) indican la abundancia de los primeros por encima de los segundos (Tabla 11.21). Entre los restos postcraneales existe, según el índice distal/proximal (R+T/H+F), una destrucción preferencial de los elementos distales de los esqueletos (Tabla 11.21).

El valor resultante de aplicar el índice del Ms/Av indica un predominio de los alvéolos vacíos. Así, una parte de los dientes que formaban originalmente el conjunto ha desaparecido de la muestra (Tabla 11.21).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Índice de relación	
Pc/C	1,3
H+F/CMx+Md	1,1
R+T/H+F	0,7
Ms/Av	0,6

Tabla 11.21. Índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de destrucción de elementos distales (R+T/H+F) e índice de molares sueltos *versus* alvéolos vacíos (Ms/Av).

11.2.1.1.2. Fractura

Los restos postcraneales presentan un elevado grado de rotura. No existen restos enteros ni fragmentos de epífisis y diáfisis. Los únicos segmentos representados son las diáfisis y las epífisis aisladas (Figura 11.15).

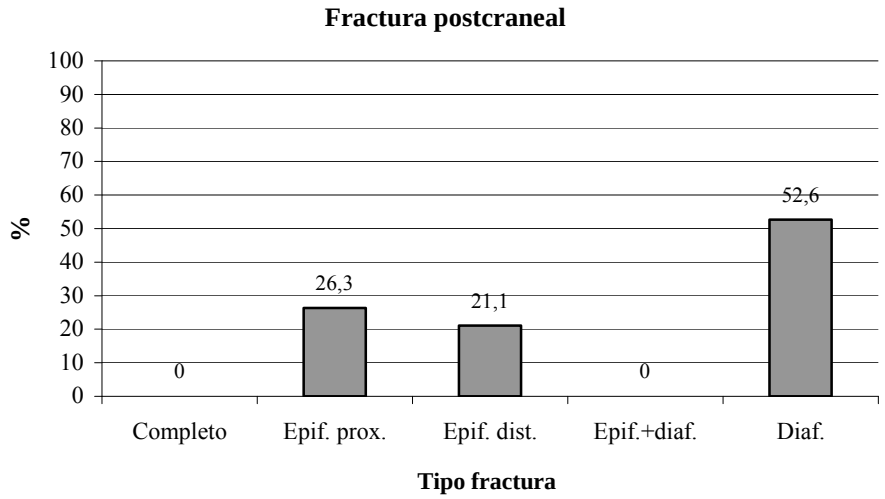

Figura 11.15. Tipos de fractura que presentan los restos postcraneales de TD6-3. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

En esta muestra existe un total de 3 cráneos-maxilares. Todos forman parte de la categoría de maxilares y poseen fracturas de tipo *f* y *g* (Tabla 11.22).

El número de arcos cigomáticos presentes en la muestra asciende a 3, todos ellos aislados de sus correspondientes maxilares.

En las mandíbulas totales, destaca la categoría de fractura *b*, aunque también se representan las fracturas tipo *a* y *c* (Tabla 11.23).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La mayoría de las mandíbulas han perdido la rama mandibular (85,7%). El 71,4% de ellas han perdido total o parcialmente el borde inferior y el 57,1% no conservan el diastema.

Fractura Cráneos-Maxilares

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	0	0
c	0	0
d	0	0
e	0	0
f	2	66,7
g	1	33,3
Total	3	

Tabla 11.22. Fracturas presentes en los cráneos-maxilares de TD6-3. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual

Fractura Mandíbulas

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	1	14,3
b	4	57,1
c	2	28,6
d	0	0
Total	7	

Tabla 11.23. Fracturas presentes en las mandíbulas de TD6-3. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual

El mayor número de alvéolos vacíos corresponde a incisivos en maxilares, mientras que en las mandíbulas el porcentaje de desprendimiento es menor. La misma tendencia se observa en los molares, donde son más abundantes los alvéolos vacíos en maxilares que en mandíbulas (Tabla 11.24).

La mayoría de los molares están enteros (81,4%). En cuanto a la situación, cabe destacar la semejanza entre la proporción de molares aislados y los que están *in situ* (Tabla 11.25). Por su parte, la mayoría de los incisivos de la muestra están rotos (73,3%) y aislados (73,3%) (Tabla 11.25).

Pérdida de dientes de sus alvéolos

	Molares			*Incisivos*		
	N perdidos	n esperados	% perdidos	n perdidos	n esperados	% perdidos
Crán.-Max.	12	18	66,7	5	6	83,3
Man.	12	21	57,1	3	14	21

Tabla 11.24. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores muestra el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Crán.-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	In situ	Rotos	0	0
		Enteros	13	48,1
	Aislados	Rotos	5	18,5
		Enteros	9	33,3
	Total		27	
Incisivos	In situ	Rotos	2	13,3
		Enteros	2	13,3
	Aislados	Rotos	9	60
		Enteros	2	13,3
	Total		15	

Tabla 11.25. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TD6-3. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

11.2.1.1.3. Digestión

Los restos con alteraciones por digestión representan el 50% de la muestra de TD6-3, aunque no se han encontrado trazas de esta alteración sobre ningún resto del individuo insectívoro. Además, en ningún caso las modificaciones por la acción de los jugos gástricos alcanzan grados fuertes ni extremos (Tabla 11.26).

La mitad de los molares carecen de alteraciones derivadas de la digestión. En los molares alterados destacan los grados ligeros y moderados (Tabla 11.26).

El 43% de los incisivos no poseen digestión, mientras que otro 43% presentan indicios de digestión ligera. El grado máximo de alteración alcanzado en incisivos es el moderado (Tabla 11.26 y Figura 11.16). En los restos postcraneales cabe destacar la digestión en grado ligero, que afecta mayoritariamente a las epífisis y a los bordes anatómicos y de fractura (Tabla 11.26 y Figura 11.16).

Digestión

Grado	*Molares*		*Incisivos*		*Postcraneal*	
	n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	15	55,6	6	42,9	9	47,4
Ligera	10	37	6	42,9	10	52,6
Moderada	2	7,4	2	14,3	0	0
Fuerte	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0
Total*	27		14		19	

Tabla 11.26. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TD6-3. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual. *La fracturación en la zona oclusal de 1 incisivo no permite observar la presencia de alteraciones relacionadas con la digestión

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

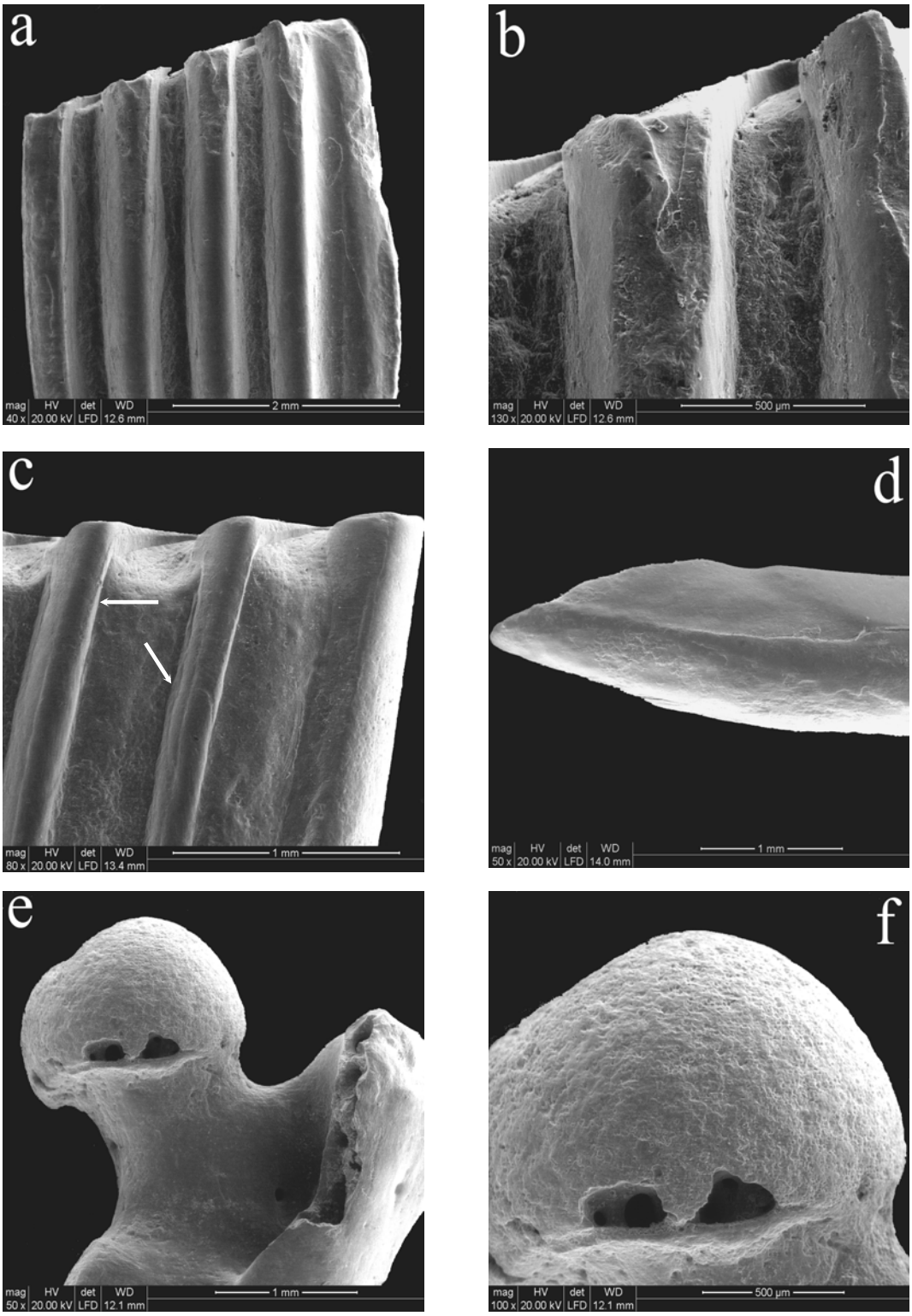

Figura 11.16. Digestión en molares, incisivos y elementos postcraneales de TD6-3. **a**. Digestión ligera en M_1 aislado. **b**. Detalle de los efectos de la digestión en uno de los vértices **c**. Digestión en grado moderado **d**. Digestión moderada en incisivo inferior aislado de roedor. La alteración se restringe a la zona oclusal. **e**. Digestión ligera en fémur de roedor. **f**. Detalle de la alteración en la cabeza femoral.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.1.1.4. Identificación del predador

El estudio de las alteraciones derivadas de la predación ha permitido caracterizar tafonómicamente al conjunto de micromamíferos. Los principales rasgos se resumen en la tabla 11.27.

El conjunto de microvertebrados de TD6-3 se caracteriza por estar formado por un escaso número de restos y bajo NMI (Tabla 11.27). Entre estos individuos destacan los mamíferos, especialmente los roedores. Teniendo en cuenta que el índice Ms/Av indica una importante pérdida de molares se sugiere que, posiblemente, el NMI calculado para los micromamíferos sea menor al real.

Resumen de las alteraciones de TD6-3	
Nº Restos (n)	172
Identificados (%)	77,8
NMI (n)	12
Roedores (%)	66,7
Insectívoros (%)	8,3
Media de IAR (%)	27
Desv. estándar de IAR	16,6
Pc/C	1,3
H+F/CMx+Md	1,1
R+T/H+F	0,7
Ms/Av	0,6
Fractura postcraneal (%)*	0
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	100
Pérdida de dientes en maxilares (%)	70,8
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	85,7
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	42,8
Fractura dientes (%)■	38
Digestión molares (%)+	44,4/Mod.
Digestión incisivo (%)+	57,1/Mod
Digestión postcraneal (%)+	52,6/Lig

Tabla 11.27. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD6-3. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Lig.: ligero; Mod.: moderada.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En los restos de TD6-3 se han hallado 30 fósiles con trazas de digestión, lo que indica que éstos son fruto de la producción biogénica de un predador. Los restos de insectívoros no presentan digestión, sugiriendo que, o bien la digestión no ha dejado ninguna alteración superficial en el esmalte de los dientes, o bien la presencia de este individuo se debe a una intrusión natural. De este modo, que no es posible afirmar que sea producto de la predación.

En cuanto a los roedores, el porcentaje de incisivos afectados por digestión parece indicar la intervención de predadores de categoría de alteración 3 D_I. En esta categoría se halla al búho manchado (*Bubo africanus*), búho real (*Bubo bubo*), cárabo común (*Strix aluco*) y mochuelo europeo (*Athene noctua*). Sin embargo, el grado de alteración alcanzado –moderado-, suele ser más propio de los búhos.

Asimismo, la mitad del conjunto de huesos largos de TD6-3 presentan digestión en grado ligero, siendo una característica común en los búhos manchado y real y el cárabo común.

En los molares, el grado de alteración máximo alcanzado es el moderado. Este grado está relacionado con los predadores de la categoría D_M 3. En esta categoría se hallan el cárabo común y el búho real, si bien este grado de alteración es más común en los conjuntos de esta última rapaz. Sin embargo, la digestión afecta a un elevado porcentaje de molares (45%). Este porcentaje es mayor al esperado en las acumulaciones de las rapaces nocturnas, siendo más propios de la categoría de alteración 4 de D_M. No obstante, este elevado porcentaje de afección puede estar relacionado con la variabilidad propia del predador.

La relación existente entre los elementos craneales y postcraneales, así como la pérdida de elementos distales y de molares y el grado general de fractura de los restos (moderado), confirma que el predador pudiera ser una rapaz nocturna de capacidad de alteración general 2.

Sin embargo, llama la atención la baja media de abundancia relativa de los restos esqueléticos. Las medias de representación en los conjuntos fósiles formados por predadores de categoría de alteración general 2 oscilan alrededor del 50%, mientras que en TD6-3 es de cerca del 30%.

En TD6-3 se han observado grados de digestión generales muy homogéneos, a excepción del elevado porcentaje de molares alterados. Además, esta homogeneidad también se observa en el grado de fractura de los restos. Así es posible argumentar que el origen de la acumulación se debe a la actividad biológica de un predador principal.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Además, el grado de alteración indica que el predador causante de la acumulación de TD6-3 debe buscarse entre la categoría general de alteración 2, siendo el candidato más probable el búho real. A pesar de ello, se debe tener en cuenta que la muestra estudiada es pequeña y está formada por pocos individuos mamíferos.

11.2.1.2**. Alteraciones postdeposicionales**

Como se ha anunciado anteriormente, en esta segunda parte del estudio tafonómico se contemplan las alteraciones postdeposcionales halladas en la superficie de los elementos de TD6-3. En general estas alteraciones son escasas y, a excepción del óxido de manganeso, suelen presentar valores porcentuales muy bajos. Ninguna de las modificaciones descritas a continuación presenta algún tipo de selección de elementos y especies representadas. Se debe remarcar que la muestra presenta coloración en tonos marrones castaños.

Las tinciones por óxido de manganeso afectan al 80% de los fósiles (Figura 11.17). Se han localizado principalmente de forma aislada aunque, en ocasiones, pueden hallarse tinciones por óxidos de manganeso dispersas o concentradas en pequeñas porciones del resto (Tabla 11.28).

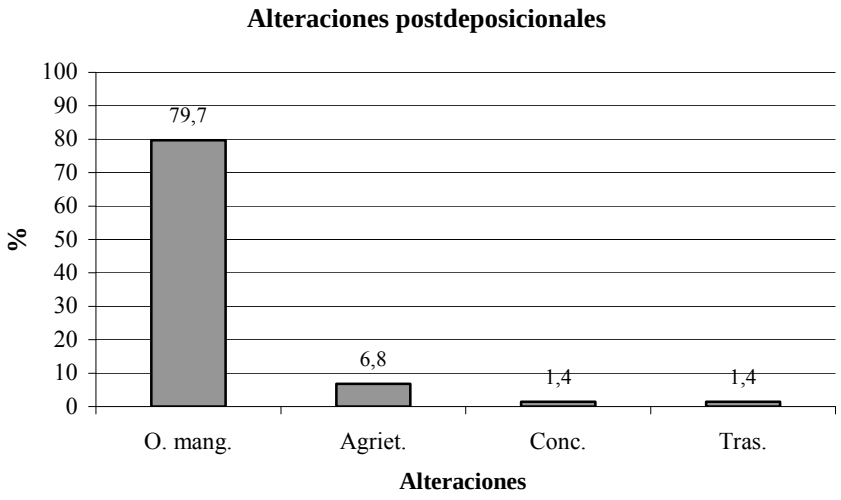

Figura 11.17. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TD6-3. O. mang.: óxidos de manganeso; Agriet.: agrietamientos; Conc.: concreciones; Tras.: traslúcidos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Óxidos de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	40,7
Disperso	27,1
Concentrado	25,4
Generalizado	6,8

Tabla 11.28. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos de TD6-3.

El 7% de los restos presentan agrietamientos superficiales (Figura 11.17). Contrariamente a lo sucedido en niveles anteriores, la mayor parte de los agrietamientos de TD6-3 se corresponden a pequeñas fisuras donde se puede ver una ligera separación entre ambos lados de la hendidura, percibiendo, al mismo tiempo, la leve profundidad que alcanza (80%). Estas fisuras siguen la dirección del colágeno del hueso y diente.

Algunos fósiles muestran concreciones minerales locales y aspecto traslúcido. Ambas modificaciones afectan únicamente al 1,4% del conjunto estudiado (Figura 11.17).

Las alteraciones observadas permiten identificar la presencia de una serie de agentes o procesos de modificación durante la formación de los fósiles y del nivel. Así, los agrietamientos (generalmente profundos) indicarían que los fósiles afectados experimentaron importantes cambios de temperatura y humedad. No existen evidencias de craquelado o descamación asociadas a estos agrietamientos, por lo que, posiblemente, no hubo exposición a los agentes de alteración subaéreos.

La presencia de un gran número de restos afectados por óxidos de manganeso indica la presencia de altos grados de humedad.

Como ya se ha descrito en niveles anteriores, el aspecto traslúcido observado puede estar relacionado con las variaciones en la proporción del P y el Ca, aunque esta alteración está aún en fase de estudio.

La escasez de alteraciones postdeposicionales en TD6-3 ofrece poca información sobre el origen de los restos, su incorporación al sedimento y los procesos de formación del subnivel. La ausencia de redondeamientos y pulidos, así como de meteorización y raíces, podría indicar diversas hipótesis. En primer lugar, podría revelar una formación y deposición *in situ*. En segundo lugar, podría apuntar que las egagrópilas producidas por el búho real se incorporaron en el sedimento de la cueva

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

recubiertas de abundante materia orgánica, impidiendo la alteración de la superficie de los restos. Finalmente, podría indicar un transporte en medios de baja o nula erosión (escaso tamaño de las partículas erosivas, escaso tiempo de exposición, corta distancia recorrida, etc.).

11.2.2. El subnivel TD6-2

El horizonte TD6-2, de unos 30-40 cm. de espesor, también se conoce como "estrato Aurora". En este subnivel se localizaron, en el año 1994, un centenar de restos de *Homo antecessor*, asociados a restos líticos y faunísticos, con alteraciones tafonómicas de consumo humano (Carbonell *et al.*, 1995; 1999; Fernández-Jalvo *et al.*, 1996; 1999; Díez *et al.*, 1999).

Para el presente trabajo se ha estudiado una muestra correspondiente a este subnivel (H17 T40-41).

11.2.2.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

En el análisis tafonómico de los restos de TD6-2 se observa la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles. Los dos primeros parámetros de estudio no están relacionados únicamente con la acción de predadores, puesto que la digestión y, los agentes de carácter diagenético, tienen capacidad de romper y hacer desaparecer los restos.

11.2.2.1.1. Representación

El número de fósiles totales estudiados en TD6-2 asciende a 652, de entre los cuales el 88,3% ha sido identificado a nivel anatómico y/o taxonómico.

Se han identificado un total de 23 individuos, incluyendo mamíferos, anuros y paseriformes (Figura 11.18).

La mayor parte de los individuos pertenecen a la clase Mammalia. En ella se hallan 14 individuos pertenecientes al orden Rodentia y 4 al Eulipotyphla (Figura 11.5). Entre los roedores, destaca la abundancia del género *Microtus*, mientras que entre los insectívoros se observa el mismo NMI de tálpidos que de sorícidos. Como ya se ha descrito en la metodología, generalmente se realiza el NMI de *Talpa* cf.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

europaea a través de los húmeros. Sin embargo, en TD6-2 sólo se han hallado dos fémures izquierdos de esta especie, por lo que se ha estimado un NMI de 2 sujetos.

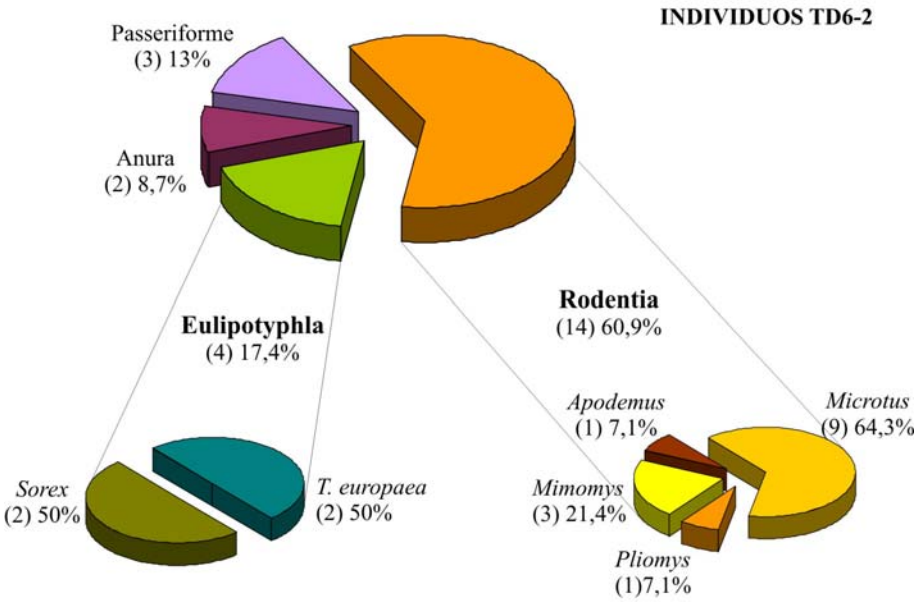

Figura 11.18. Representación gráfica del NMI de TD6-2. Entre paréntesis el NMI absoluto.

En este conjunto de microvertebrados se han hallado 551 restos óseos y dentales pertenecientes a pequeños mamíferos (84,5%). Gran parte de estos fósiles (86,2%) son anatómicamente identificables. Se han recuperado y contabilizado todos los elementos esqueléticos de los micromamíferos, inclusive costillas, cinturas (tanto pélvica como escapular), vértebras y autópodos (Tabla 11.29).

Las máximas representaciones de IAR se hallan en las tibias y los incisivos, mientras que las mínimas se observan en cráneos-maxilares, ulnas y radios (Figura 11.19). Con valores medios, se hallan los fémures, húmeros y los molares. El promedio de las distintas abundancias relativas es media (del 45%), aunque la desviación estándar es alta (del 38,9) deduciendo una gran variabilidad de representación en los elementos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*	*%*
Cráneo-Maxilar	3	0,5
Mandíbula	7	1,3
Molar	97	17,6
Incisivo	64	11,6
Arco cigomático	4	0,7
Húmero	17	3
Radio	6	1,1
Ulna	6	1,1
Fémur	18	3,3
Tibia	38	6,9
Cintura	14	2,5
Vértebra	35	6,4
Costilla	19	3,4
Autópodo	147	27
Indeterminado	76	13,8
Total	551	

Tabla 11.29. Número de elementos anatómicos (n) pertenecientes a roedores e insectívoros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de restos de mamíferos de TD6-2.

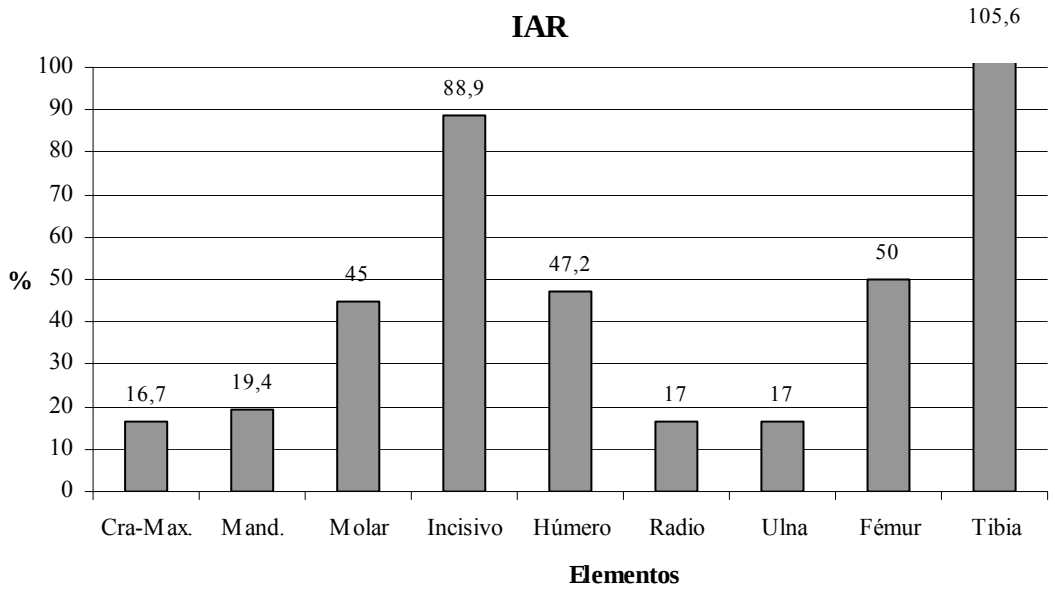

Figura 11.19. Índice de abundancia relativa para los elementos de TD6-2. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

Los resultados de los índices de relación de elementos craneales y postcraneales indican un predominio de éstos últimos (Tabla 11.30). Sin embargo, este

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

predominio es menor si observamos el índice Pc/C. En éste se utilizan los escasos maxilares y mandíbulas, con los abundantes molares aislados de TD6-2, siendo éstos últimos los que contrarrestan el elevado número de elementos postcraneales y equilibran el resultado. Al eliminar los molares aislados en la fórmula H+F/CMx+Md, la proporción se descompensa, mostrando, en el resultado, la elevada presencia de huesos largos en la muestra.

El índice de destrucción preferencial de los elementos distales (R+T/H+F) denota una pérdida de húmeros y fémures, mientras que el índice Ms/Av indica una elevada destrucción preferencial de cráneos-maxilares y mandíbulas (Tabla 11.30).

Índice de relación	
Pc/C	1,3
H+F/CMx+Md	3,5
R+T/H+F	1,3
Ms/Av	3

Tabla 11.30. Índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), e índices de destrucción de elementos distales (R+T/H+F) y de molares sueltos *versus* alvéolos vacíos (Ms/Av).

11.2.2.1.2. Fractura

Tan sólo el 2,4% de los huesos largos que conforman la muestra de TD6-2 están completos. Entre los fragmentos más comunes, destacan las diáfisis por encima de las epífisis (41,1%) (Figura 11.20).

El 66,7% de los cráneos-maxilares presenta fracturas de tipo *g* o extremas, aunque cabe destacar la existencia de una pequeña parte de los maxilares con rotura tipo *e* (Tabla 11.31).

Según el total de maxilares presentes en la muestra, se esperarían 5 arcos cigomáticos. La presencia de 4 arcos aislados en la muestra indica una ligera pérdida aunque un total aislamiento.

Las roturas más comunes en las mandíbulas, tanto de roedor como de insectívoro, son las de tipo *b*, sin registrar ningún elemento entero o con fracturas de tipo *a* (Tabla 11.32).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Todas las mandíbulas de roedor han perdido el diastema y el borde inferior. Además, el 66,7% presenta la rama mandibular fragmentada. Todo ello indica un elevado grado de destrucción de las mandíbulas.

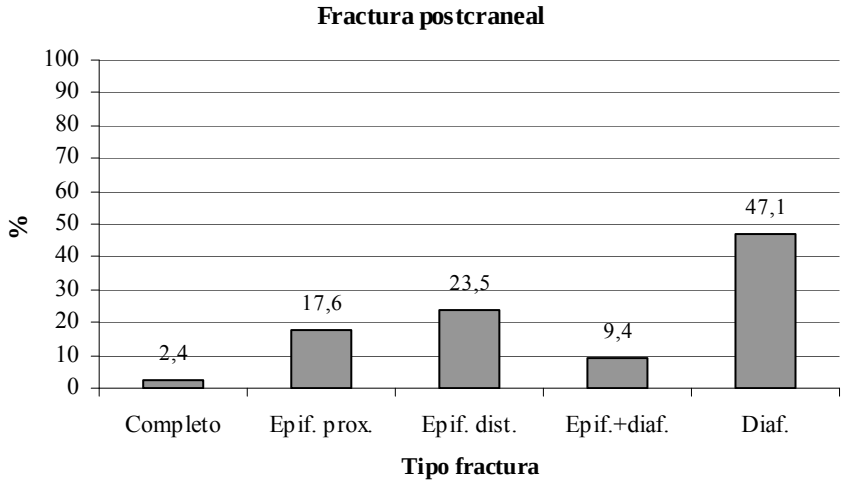

Figura 11.20. Representación gráfica de las fracturas que presentan los restos postcraneales de TD6-2. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

Fractura Cráneos-Maxilares

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	0	0
c	0	0
d	0	0
e	1	33,3
f	0	0
g	2	66,7
Total	3	

Tabla 11.31. Tipologías de fractura presentes en los cráneos-maxilares de TD6-2. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Fractura Mandíbulas

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	3	42,9
c	2	28,6
d	2	28,6
Total	7	

Tabla 11.32. Tipologías de fractura presentes en las mandíbulas de TD6-2. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El porcentaje de pérdida de dientes es mayor en los maxilares que en las mandíbulas. Además, el porcentaje de pérdida es ligeramente superior para los incisivos que para los molares (Tabla 11.33).

Pérdida de dientes de sus alvéolos

	Molares			*Incisivos*		
	n perdidos	n esperados	% perdidos	n perdidos	n esperados	% perdidos
Cran-Max.	14	15	93,3	5	5	100
Man.	17	21	81	6	7	85,7

Tabla 11.33. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores indica el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Cran-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra.

La mayor parte de los molares de TD6-2 están enteros (91%). Además, y tal y como indicaba el elevado número de alvéolos vacíos de la tabla anterior, el grado de aislamiento es elevado (95%) (Tabla 11.34). Por su parte, la mayoría de los incisivos de la muestra están aislados (99%) y rotos (64%) (Tabla 11.34).

Fractura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	In situ	Rotos	0	0
		Enteros	5	5,2
	Aislados	Rotos	9	9,3
		Enteros	83	85,5
	Total		97	
Incisivos	In situ	Rotos	0	0
		Enteros	1	1,5
	Aislados	Rotos	41	64,1
		Enteros	22	34,4
	Total		64	

Tabla 11.34. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de roedores e insectívoros. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

11.2.2.1.3. Digestión

El 29% de los elementos de TD6-2 presenta digestión. En algunos casos la alteración por la acción de los jugos gástricos alcanza grados extremos (Tabla 11.35). Las evidencias de digestión afectan, principalmente, a restos de roedor. En este

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

sentido, 2 restos de tálpido con digestión en grado ligero son las únicas evidencias de digestión en insectívoros (Figura 11.21).

En los molares predomina la ausencia de digestión. En los molares digeridos, destaca el grado ligero aunque el mayor grado de alteración alcanzado es el fuerte (Tabla 11.35 y Figura 11.21).

Al contrario de los molares, en los incisivos destaca la presencia de digestión. El grado más representado es el ligero, aunque cabe destacar la presencia de alteración en todos los grados, inclusive el extremo (Tabla 11.35 y Figura 11.21). A pesar de que algún incisivo presenta digestión en grado ligero de forma uniforme en toda la superficie del esmalte, indicando que estaba aislado durante la digestión, se deben destacar 4 incisivos con mayor alteración en el extremo oclusal. En estos dientes, el resto de la superficie también está alterada, aunque de manera mucho más ligera. Ello puede indicar que estos dientes estuvieron protegidos por hueso durante el proceso de digestión. Así, los jugos gástricos habrían alterado en primer lugar, y durante más tiempo, la zona oclusal y desprotegida del diente, mientras que el resto del diente hubiera tenido una exposición menor, una vez se hubiera desprendido la cubierta ósea.

En los restos postcraneales de Rodentia que han podido ser analizados, destaca la presencia de digestión en el 45,7%, mayoritariamente en grado ligero (Tabla 11.35 y Figura 11.21).

Digestión

Grado	*Molares*				*Incisivos*		*Postcraneal*			
	Rodentia		Eulipotiphla				Rodentia		Eulipotyphla	
	n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	68	73,9	3	100	18	41,9	25	54,3	4	66,7
Ligera	17	18,5	0	0	16	37,2	19	41,3	2	33,3
Moderada	4	4,3	0	0	6	14	2	4,3	0	0
Fuerte	3	3,3	0	0	2	4,7	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	1	2,3	0	0	0	0
Total*	92		3		43		46		6	

Tabla 11.35. Grado de digestión molares, incisivos y elementos postcraneales. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual. * El 2,1% de los molares, el 32,8% de los incisivos y el 38,8% de los restos postcraneales han sido considerados nulos para el estudio de la digestión debido a la fracturación que presentan.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

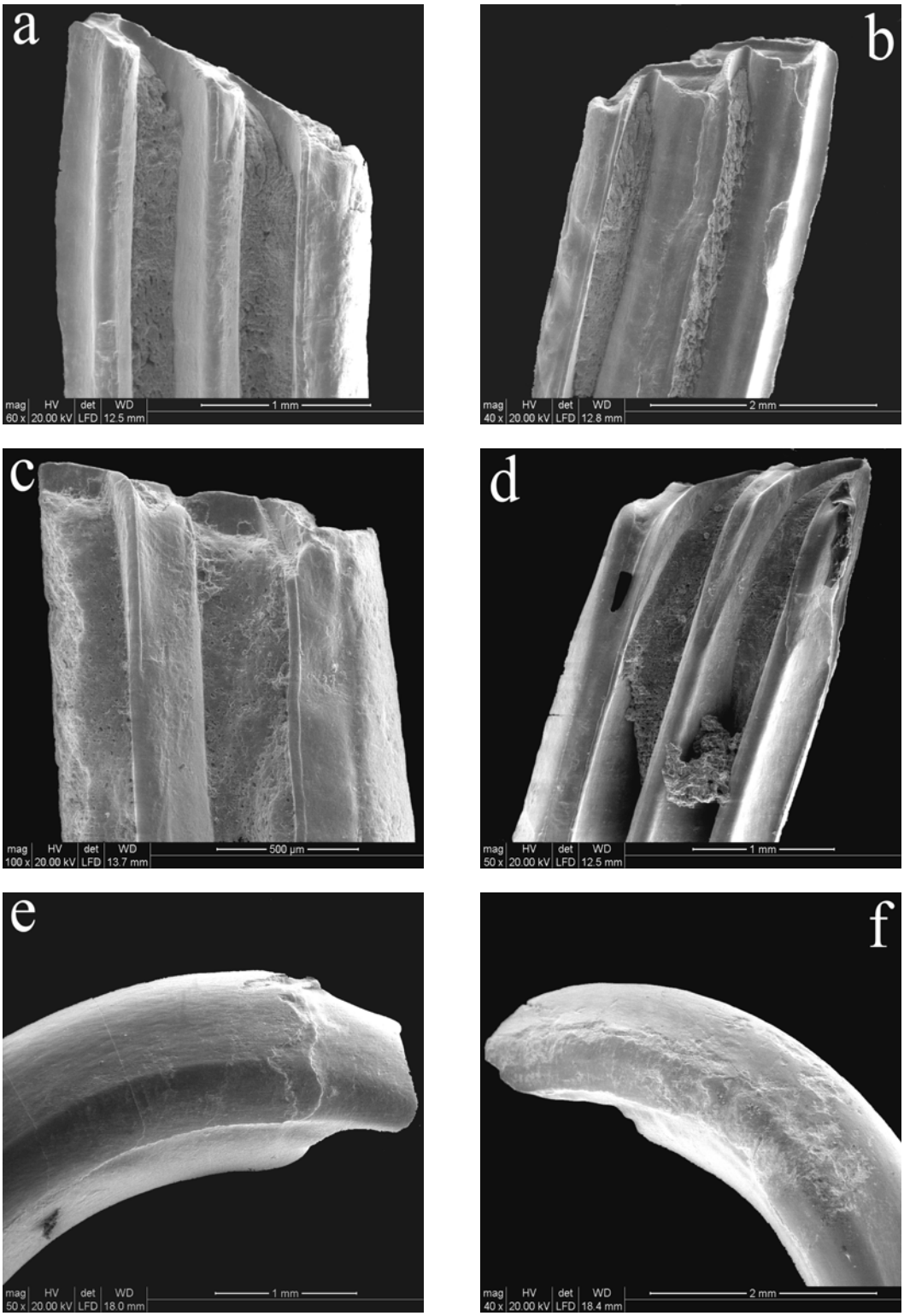

Figura 11.21. Elementos modificados por digestión de TD6-2. **a**. Molar con digestión ligera en los vértices. **b**. Molar inferior con digestión moderada. **c**. Molar con digestión fuerte: el esmalte ha desaparecido de las columnas y la dentina está alterada **d**. El esmalte y la dentina están alterados en este fragmento de M_1 con digestión extrema **e**. Digestión ligera en incisivo superior de Rodentia. Sólo la zona oclusal está alterada. **f**. Digestión ligera a lo largo del esmalte del incisivo superior.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

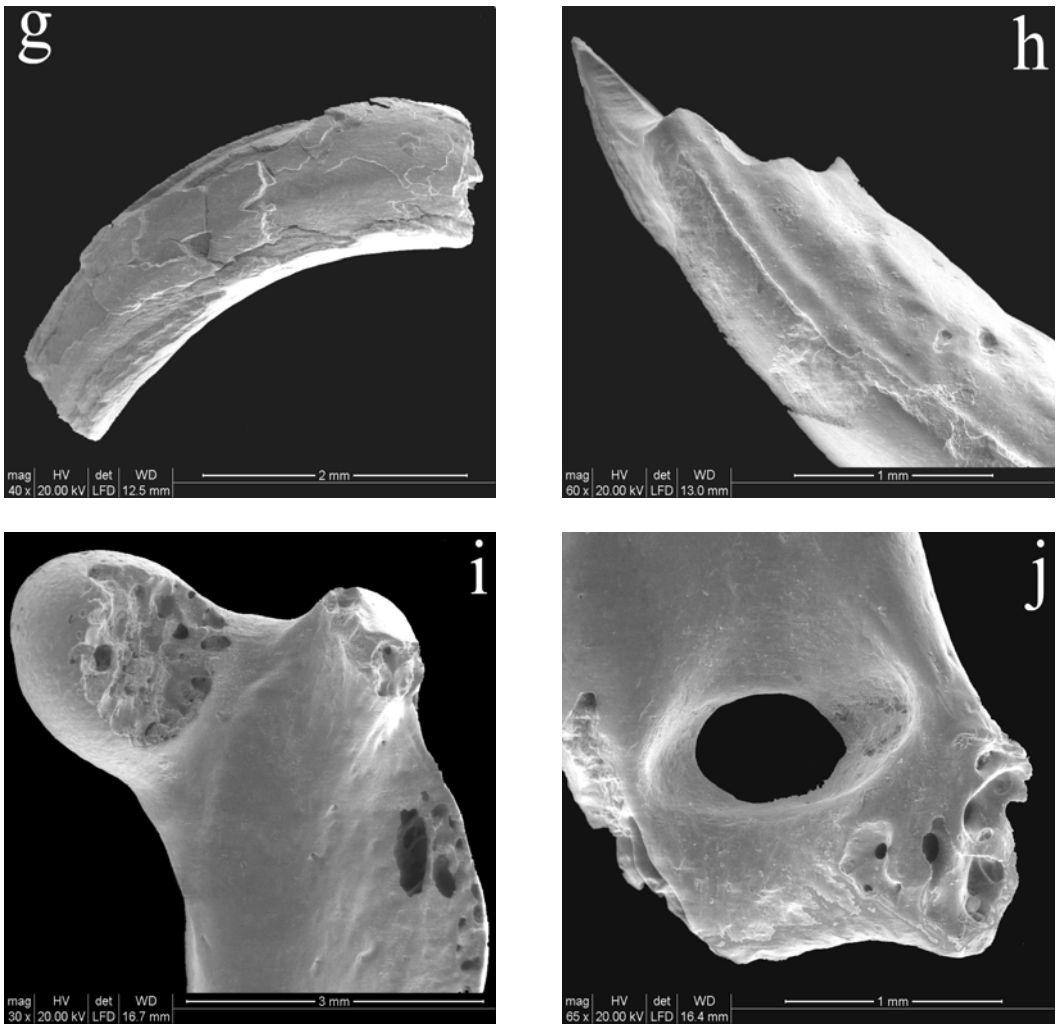

Figura 11.21. Elementos con alteración por digestión de TD6-2. **g** y **h**. Digestión fuerte en incisivos **i**. Digestión ligera en fémur de tálpido **j**. Digestión en un húmero de roedor alterado en grado moderado.

11.2.2.1.4. Identificación del predador

Las características tafonómicas de TD6-2, resumidas en la tabla 11.36, permiten identificar el conjunto como fruto de la predación.

Este conjunto se caracteriza por estar formado por un alto número de restos y presentar un elevado NMI. Entre los individuos que forman el conjunto, destacan los mamíferos, especialmente los roedores.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Resumen de las alteraciones de TD6-2	
Nº Restos (n)	652
Identificados (%)	88,3
NMI (n)	23
Roedores (%)	60,9
Insectívoros (%)	17,4
Media de IAR (%)	45
Desv. estándar de IAR	38,9
Pc/C	1,3
H+F/CMx+Md	3,5
R+T/H+F	1,3
Ms/Av	3
Fractura postcraneal (%)*	2,4
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	50
Pérdida de dientes en maxilares (%)	95
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	66,7
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	82,1
Fractura dientes (%)■	31
Digestión molares (%)+	28,4/Fue.
Digestión incisivo (%)+	58,1/Ext.
Digestión postcraneal (%)+	44,2/Mod.

Tabla 11.36. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD6-2. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada; Fue.: fuerte; Ext.: extremo.

Los restos de roedor y de tálpido con evidencias de digestión indican que estos taxones, o gran parte de ellos, poseen un origen relacionado con la actividad biológica de uno o varios predadores. Por el contrario, los sorícidos, identificados únicamente a través de las piezas dentales, no poseen alteración por digestión. Ello puede responder a dos hipótesis: o bien la dureza del esmalte de estos individuos dificulta la alteración por digestión, o bien la presencia de estos individuos está relacionada con diversas intrusiones naturales. Con la muestra actual, no es posible afirmar ni refutar ninguna de estas hipótesis, por lo que para conocer el origen de estos individuos sería necesario ampliar el número de restos.

Con la finalidad de averiguar el predador mayoritario o predadores, se observa el porcentaje y grado de alteración de incisivos, molares y huesos largos. El porcentaje

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

de incisivos digeridos en TD6-2 es del 60%, presentando grados de alteración extremos. Estas características se asemejan a las observadas en la categoría de modificación de incisivos (D_I) 4, que incluye a predadores como el cernícalo común (*Falco tinnunculus*) y el halcón común (*Falco peregrinus*).

El grado de digestión alcanzado por los molares parece coincidir con la categoría de alteración D_M 4. En esta categoría se hallan el mochuelo europeo (*Athene noctua*), el cernícalo común y el halcón común. Sin embargo, el porcentaje de dientes afectados es menor al esperado para esta categoría de alteración, aunque sería mayor al observado en concentraciones producidas por una rapaz de categoría D_M 3.

Finalmente, el porcentaje de restos postcraneales afectados por digestión sugiere una correspondencia con los conjuntos depositados por el mochuelo europeo, por el cernícalo o por el halcón.

En cuanto al resto de alteraciones, se debe destacar que el grado de fractura general de los restos de TD6-2 es mayor al observado en TD6-3, puesto que se hallan fracturas moderadas y fuertes en mandíbulas, molares e incisivos. Además, existe un elevado número de dientes aislados. Estos grados de rotura y aislamiento son superiores a los esperados en predadores de categoría 2 y 3, lo que parece indicar un predador de categoría 4.

La representación general es media respecto al NMI calculado, aunque la desviación estándar es muy alta. Se observa mayor presencia de elementos postcraneales, correspondiéndose con la categoría 3 de I_1.

Como se puede observar, los diferentes elementos estudiados de TD6-2 presentan grados de digestión generales homogéneos, si bien el porcentaje de molares alterados es menor al esperado. Además, esta homogeneidad se puede observar en el grado de fractura y de representación de los restos. Así es posible argumentar que el origen de la acumulación se debe a la actividad biológica de un predador.

En los predadores de categoría de alteración general 4, el candidato más probable podría ser el cernícalo o *Falco tinnunculus*. Este predador diurno es el único de los candidatos que también puede consumir insectívoros del tamaño de los tálpidos y que habitualmente los incluye en su dieta.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.2.2. **Alteraciones postdeposicionales**

En la parte del estudio tafonómico que sigue, se describen las alteraciones de origen postdeposicional de los elementos de TD6-2. Cabe destacar la presencia de pocas modificaciones en la superficie de los fósiles de este nivel. Además, no presentan selección de elementos y especies representadas. Se debe remarcar que la coloración general de la muestra es marrón castaño.

La alteración postdeposicional que está presente en un número mayor de restos es la precipitación de óxidos de manganeso. El 54% de los restos estudiados presentan tinciones de color negro sobre la superficie y el 3% en el interior de las diáfisis óseas (Figura 11.22). Esta alteración se distribuye en la superficie de los restos de forma aislada o concentrada (Tabla 11.37), otorgando a la mayoría de los restos con manganeso, un aspecto moteado.

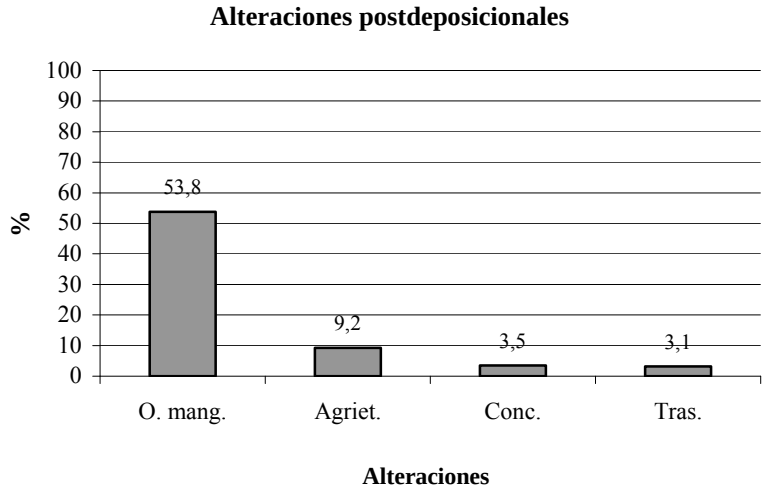

Figura 11.22. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TD6-2. O. mang.: óxidos de manganeso; Agriet.: agrietamientos; Conc.: concreciones; Tras.: traslúcidos.

Óxidos de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	48,6
Disperso	23,6
Concentrado	25,0
Generalizado	2,9

Tabla 11.37. Distribución de los óxidos de manganeso sobre la superficie de los restos de TD6-2.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El 9,2% de los restos presentan agrietamientos de diferente amplitud, aunque mayoritariamente se presentan en forma de pequeñas estrías que siguen la dirección del colágeno del hueso (70%) (Figura 11.22).

Se han detectado adiciones de nuevos minerales en el 3,5% de los restos, formando concreciones aisladas en la superficie (Figura 11.22). En relación a estas concreciones se han hallado precipitaciones de carbonato cálcico de color blanco en el 1,5% de los elementos que conforman la muestra. Además, el 3,1% de los fósiles presentan un aspecto traslúcido asociado a cambios locales de coloración hacia tonos marrón oscuros y bordes de fractura angulosos (Figura 11.22).

Estas alteraciones sugieren diversos agentes o procesos sucedidos después de la deposición de los restos. Así, los agrietamientos se relacionan con los cambios de temperatura y humedad, apoyados éstos últimos también por las concreciones. Por su parte, la presencia del óxido de manganeso indica un ambiente adecuado para que se llevara a cabo la actividad bacteriana asociada a la descomposición de los restos.

La ausencia de redondeamientos, pulidos, meteorización y raíces, sugiere tres hipótesis: la formación y deposición *in situ* de las egagrópilas; un transporte mientras las egagrópilas estaban recubiertas de la materia orgánica, impidiendo la alteración de la superficie de los restos; o un transporte en medios de baja o nula erosión (pequeñas partículas erosivas, escaso tiempo de exposición, etc.). Cada una de estas tres hipótesis serán contempladas en apartados siguientes, donde se interpretará la formación de cada uno de los niveles (ver apartado 11.3).

11.2.3. El subnivel TD6-1

La subunidad 1 conforma el techo del nivel TD6. El estudio tafonómico de este horizonte contempla los restos pertenecientes a la muestra H17 T34.

11.2.3.1. Alteraciones relacionadas con la depredación

La primera parte del análisis tafonómico, dirigida a conocer el origen del conjunto, se basa en la representación de elementos esqueléticos, la fracturación y el grado de digestión que presentan las asociaciones fósiles.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.3.1.1. Representación

El número de restos fósiles que conforman la muestra asciende a 2106. El 97% de estos restos ha sido identificado a nivel anatómico y/o taxonómico.

El total de individuos identificados, mamíferos y no-mamíferos, asciende a 64. En el grupo de los no-mamíferos se hallan anuros, paseriformes, reptiles escamosos y salmónidos (Figura 11.23).

Los individuos de la clase Mammalia que predominan son los roedores, que conforman el 85,9% del total de la muestra. En este orden destacan los microtinos, aunque también están presentes *Allocricetus* y *Pliomys* (Figura 11.23). Por último, se señala la presencia de un individuo perteneciente al orden Chiroptera (Figura 11.23).

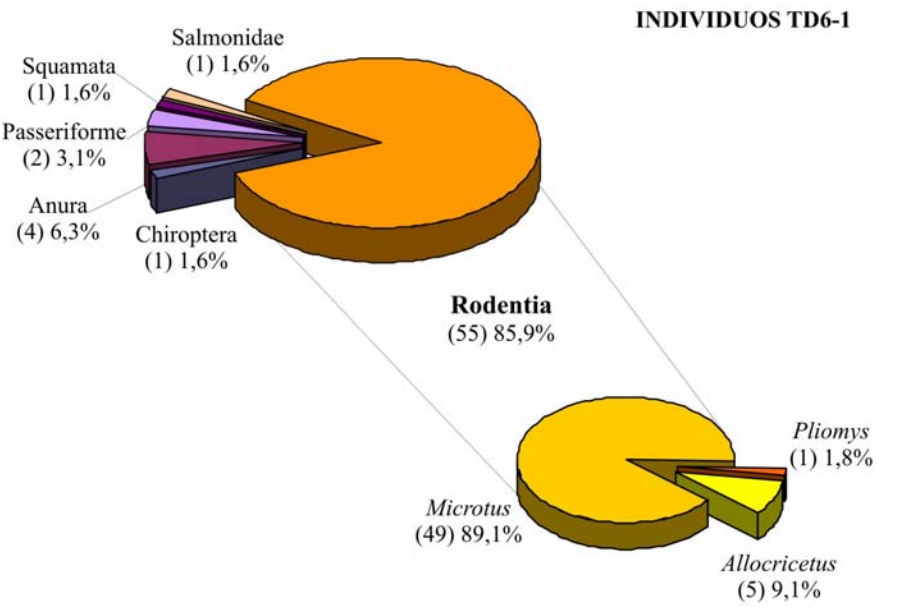

Figura 11.23. Representación gráfica del NMI de TD6-1. Entre paréntesis el NMI absoluto.

Así, el grupo más abundante y mejor representado son los pequeños mamíferos, que aportan 57 individuos al conjunto de TD6-1. A este grupo pertenecen 1896 restos óseos y dentales, de los que el 97,1% son anatómicamente identificables.

La presencia de todos los elementos del esqueleto de micromamífero, indica una buena conservación general. Además de los elementos que se tratarán a

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

continuación, se ha documentado la presencia de numerosos autópodos y vértebras, y, en menor medida, cinturas y costillas (Tabla 11.38).

Restos de Mamíferos

Elemento	*n*	*%*
Cráneo-Maxilar	26	1,4
Mandíbula	19	1
Molar	588	31
Incisivo	179	9,4
Arco cigomático	9	0,5
Húmero	36	1,9
Radio	18	0,9
Ulna	13	0,7
Fémur	52	2,7
Tibia	36	1,9
Cintura	12	0,6
Vértebra	347	18,3
Costilla	11	0,6
Autópodo	495	26,1
Indeterminado	55	2,9
Total	1889	1,4

Tabla 11.38. Número de elementos anatómicos (n) de roedores y quirópteros junto con los valores porcentuales (%) respecto al total de elementos de mamíferos de TD6-1.

Las abundancias relativas de los elementos presentan los valores más altos para molares, incisivos, cráneos-maxilares y fémures. Por el contrario, las ulnas, radios y mandíbulas son los elementos con una abundancia relativa menor. La media de representación es del 41%, pero se debe tener en cuenta que la desviación estándar resultante es alta, del 27,3 (Figura 11.24). Ello indica una representación media de los elementos, aunque con cierta heterogeneidad entre las abundancias relativas.

Los dos índices de relación entre los elementos craneales y postcraneales utilizados muestran resultados contradictorios (Tabla 11.39). Al aplicar el índice Pc/C se observa un predominio de los restos craneales, mientras que si se utiliza el índice H+F/CMx+Md se advierte una evidente supremacía de los restos postcraneales. En el índice Pc/C se utilizan, junto con los maxilares y las mandíbulas, los molares aislados, que son muy numerosos. Además, el valor resultante de aplicar el índice del Ms/Av a la muestra es de 3,2, indicando una elevada destrucción preferencial de cráneos-maxilares y mandíbulas. De esta manera, se confirma que existe un elevado número de molares aislados que distorsiona el índice Pc/C. Entre los restos postcraneales, existe una destrucción preferencial de los elementos distales (R+T/H+F, Tabla 11.39).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

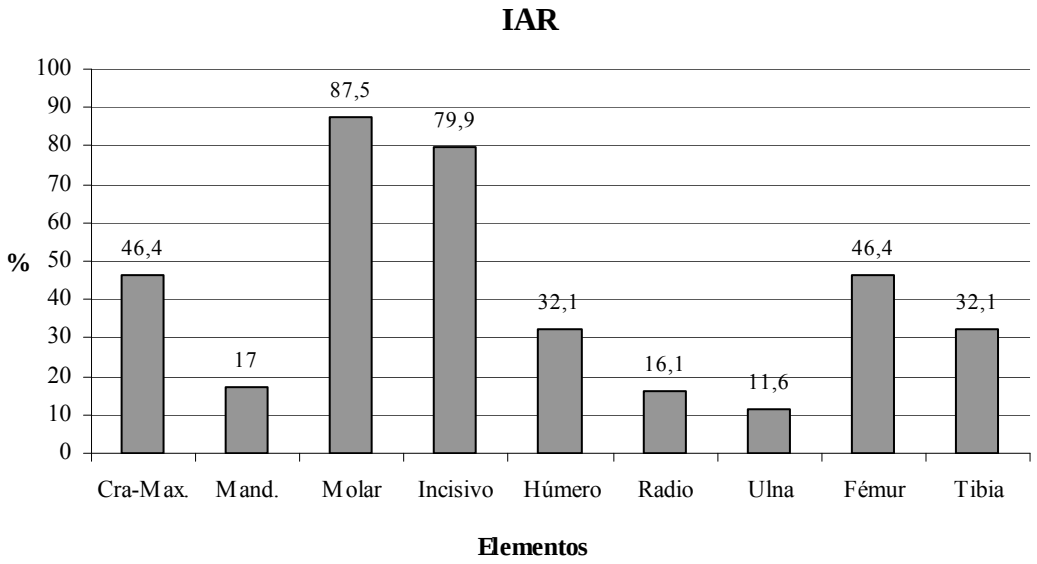

Figura 11.24. Índice de abundancia relativa para los elementos de TD6-1. Cra-Max.: cráneo-maxilar; Mand.: mandíbula.

Índices de relación

Pc/C	0,3
H+F/CMx+Md	2
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	3,2

Tabla 11.39. Índices de relación entre elementos postcraneales y craneales (Pc/C y H+F/CMx+Md), índice de destrucción de elementos distales (R+T/H+F) e índice de molares sueltos *versus* alvéolos vacíos (Ms/Av).

11.2.3.1.2. Fractura

Los restos postcraneales presentan un elevado grado de rotura. Existen pocos restos enteros. Gran parte de la muestra está compuesta por epífisis, bien proximales o distales (60,6%) (Figura 11.25).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

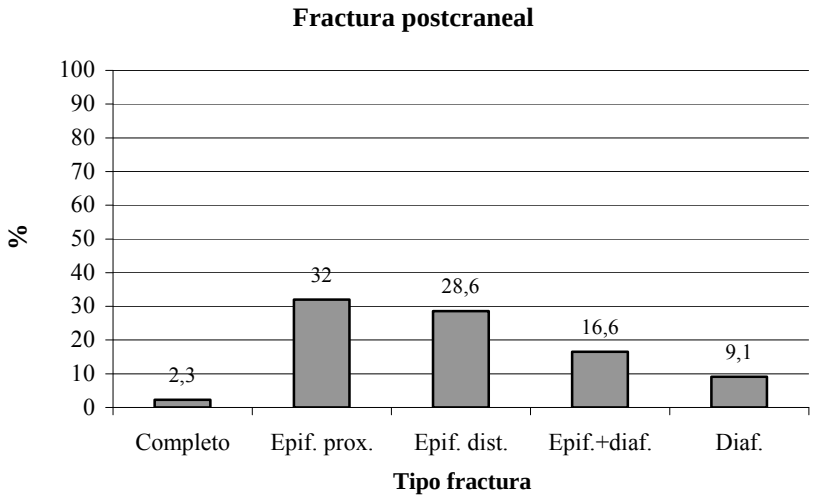

Figura 11.25. Tipos de fractura de los restos postcraneales de TD6-1. Epif.: epífisis; diaf.: diáfisis; prox.: proximal; dist.: distal.

Todos los cráneos-maxilares pertenecen a las categoría de fracturación máxima (tipo *g* y *f*) (Tabla 11.40).

En la muestra se han recuperado 9 arcos cigomáticos que representan el 47% de los esperados según el número de maxilares de roedor existentes en la muestra. El 77,7% de lo arcos cigomáticos están *in situ.*

En las 19 mandíbulas totales, los únicos tipos de fractura contabilizados son el tipo *b* y el *c* (Tabla 11.41), considerándose un grado de rotura moderado.

La totalidad de las mandíbulas han perdido la rama mandibular y el borde inferior. Sin embargo, el 84,2% conservan el diastema intacto.

El mayor número de alvéolos vacíos se corresponde a incisivos en maxilares, mientras que los correspondientes a incisivos en mandíbulas son los que presentan menor desprendimiento (Tabla 11.42). Siguiendo la tendencia general, los alvéolos vacíos de sus respectivos molares son más abundantes en el maxilar que en la mandíbula (Tabla 11.42).

La mayor parte de los molares e incisivos de TD6-1 están aislados (92% en cada uno de los dientes). En lo que respecta a la rotura, los molares aparecen mayoritariamente enteros (15,8%), mientras que los incisivos aparecen rotos (77%) (Tabla 11.43).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Fractura Cráneos-Maxilares

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	0	0
c	0	0
d	0	0
e	0	0
f	5	17,2
g	21	72,4
Total	26	

Tabla 11.40. Fracturas presentes en los cráneos-maxilares de TD6-1. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Fractura Mandíbulas

Tipo fractura	*n*	*%*
Completo	0	0
a	0	0
b	17	89
c	2	11
d	0	0
Total	19	

Tabla 11.41. Tipología de fractura presente en las mandíbulas de TD6-1. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

Pérdida de dientes de sus alvéolos

	Molares			*Incisivos*		
	n perdidos	n esperados	% perdidos	n perdidos	n esperados	% perdidos
Crán.-Max.	145	156	92,9	52	52	100
Man.	23	57	40,4	4	19	21,1

Tabla 11.42. Número (n) de molares e incisivos perdidos y alvéolos vacíos (o diente esperado). La relación entre estos valores indica el porcentaje (%) de dientes perdidos en los cráneos-maxilares (Crán-Max.) y mandíbulas (Man.) presentes en la muestra.

Rotura y aislamiento en dientes

Diente	*Situación*	*Fractura*	*n*	*%*
Molares	In situ	Rotos	4	0,7
		Enteros	43	7,3
	Aislados	Rotos	138	23,5
		Enteros	403	68,5
	Total		588	
Incisivos	In situ	Rotos	8	4,5
		Enteros	7	3,9
	Aislados	Rotos	130	72,6
		Enteros	34	19
	Total		179	

Tabla 11.43. Rotura y aislamiento en los incisivos y molares de TD6-1. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.3.1.3. Digestión

El 31,8% de los restos estudiados en TD6-1 presentan trazas de digestión, aunque el grado máximo alcanzado es el moderado. Esta digestión no afecta a ningún elemento del individuo del orden Chiroptera.

En cuanto a los molares de roedor, el 73,3% carecen de alguna traza o señal que indique la acción de jugos gástricos. De entre los molares alterados, destaca la digestión en grado ligero y la presencia de restos alterados en grado moderado (Tabla 11.44).

La mayoría de los incisivos no posee alteración por digestión. Sin embargo, un pequeño porcentaje de incisivos presenta alteración en grado ligero y moderado (Tabla 11.44 y Figura 11.26).

Se pueden observar más trazas de digestión en los elementos postcraneales, donde destacan los elementos con digestión en grado ligero (Tabla 11.44 y Figura 11.26).

Digestión

Grado	*Molares*		*Incisivos*		*Postcraneal*	
	n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Ausente	431	73,3	130	76	60	38,7
Ligera	139	23,6	36	21,1	85	54,8
Moderada	18	3,1	5	2,9	10	6,5
Fuerte	0	0	0	0	0	0
Extrema	0	0	0	0	0	0
Total*	588		171		155	

Tabla 11.44. Grado de digestión en los molares, incisivos y elementos postcraneales de TD6-1. n: Número absoluto de restos; %: valor porcentual. * En un pequeño porcentaje de elementos no se han identificado trazas de digestión por el grado y tipo de fracturan que presentan.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

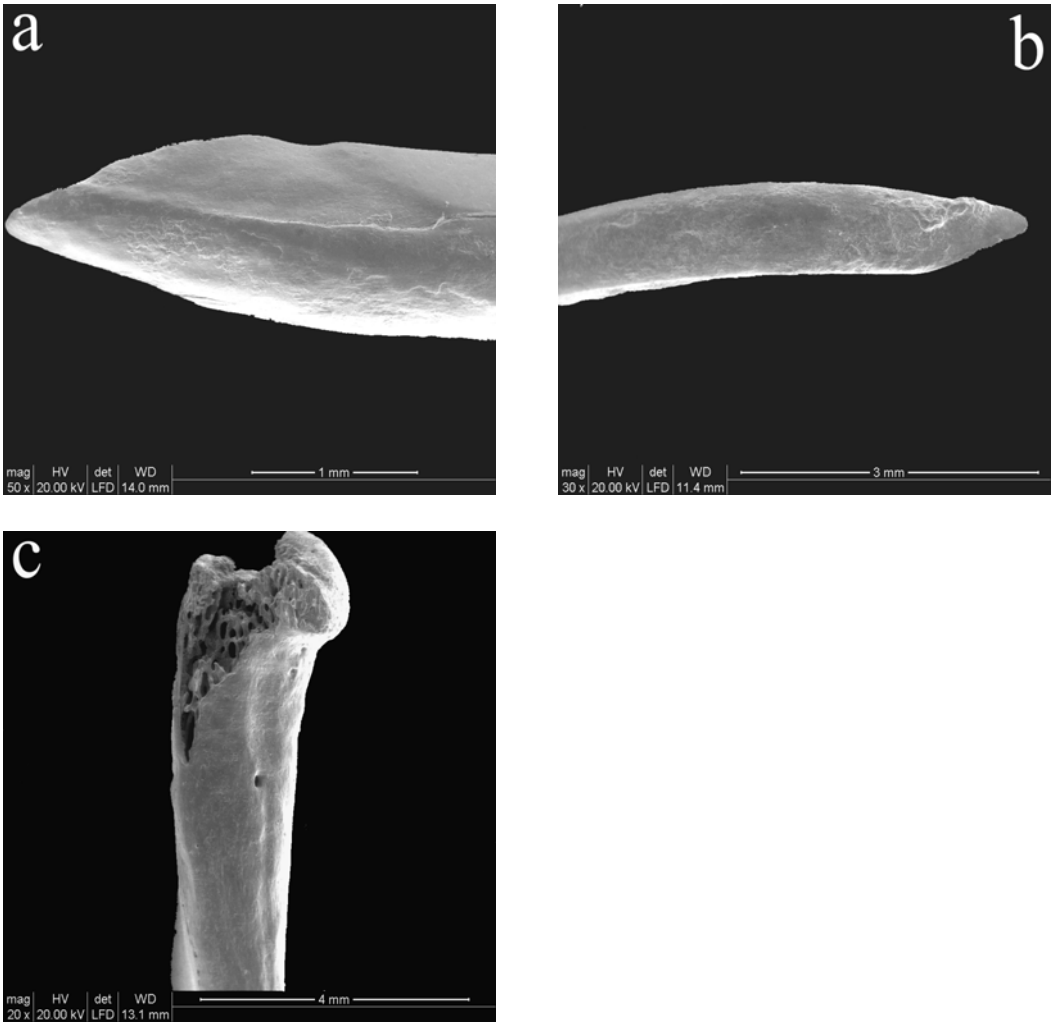

Figura 11.26. Digestión en TD6-1. **a**. Digestión moderada en incisivos inferior aislado. Si bien mantiene el esmalte en casi la totalidad del diente, la dentina del extremo oclusal está alterada, presentando ondulaciones **b**. Incisivo aislado con digestión moderada a lo largo de toda la superficie del esmalte. **c**. Digestión moderada en un húmero de roedor.

11.2.3.1.4. Identificación del predador

Las alteraciones derivadas de la predación de los restos de TD6-1 (Tabla 11.45) permiten caracterizar este conjunto. Éste es el que posee mayor número de restos y de individuos del nivel TD6 y de las agrupaciones estudiadas de Gran Dolina (Tabla 11.45). Predominan los mamíferos, sobre todo los roedores de la familia de los arvicólidos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Resumen de las alteraciones de TD6-1	
Nº Restos (n)	2106
Identificados (%)	97
NMI (n)	64
Roedores (%)	85,9
Insectívoros (%)	0
Quirópteros (%)	1,6
Media de IAR (%)	41
Desv. estándar de IAR	27,3
Pc/C	0,3
H+F/CMx+Md	2
R+T/H+F	0,6
Ms/Av	3,2
Fractura postcraneal (%)*	2,3
Fractura cráneos maxilares (%) *	0
Pérdida del arco cigomático (%)	22,3
Pérdida de dientes en maxilares (%)	94,7
Fractura mandíbulas (%)*	0
Pérdida de la rama mandibular (%)	100
Pérdida de dientes en mandíbulas (%)	35,5
Fractura dientes (%)■	36,5
Digestión molares (%)+	26,7/Mod.
Digestión incisivo (%)+	24/Mod.
Digestión postcraneal (%)+	61,3/Mod.

Tabla 11.45. Resumen de las características tafonómicas de los restos de TD6-1. n: Número absoluto; %: porcentaje; * Porcentaje de restos no fracturados; ■ Dientes (molares e incisivos) fracturados en relación al total de dientes. + Porcentaje de restos digeridos y grado de digestión alcanzado. Mod.: moderada.

Los elementos craneales y postcraneales con evidencias de digestión indican que parte del conjunto es fruto de la agrupación por predación. Por el contrario, el individuo quiróptero no presenta digestión, y aunque esta ausencia podría estar relacionada con la falta de alteración superficial en el esmalte de los dientes, actualmente no es posible asegurar que posea el mismo origen que los roedores.

En cuanto a las alteraciones por predación, el grado de digestión de los incisivos conduce a pensar en un predador de categoría de modificación D_I 3, donde se hallan las rapaces como búho manchado (*Bubo africanus*), búho real (*Bubo bubo*), cárabo común (*Strix aluco*) y el mochuelo europeo (*Athene noctua*); y algunos vivérridos. Sin embargo, el porcentaje de incisivos afectados por la digestión de todos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

estos predadores es superior al 35%, mientras que el porcentaje registrado en TD6-1 es mucho menor, del 24%.

El porcentaje de molares digeridos y el grado de alteración que poseen conduce a pensar en un predador de categoría de modificación 3 de D_M. En esta categoría se hallan rapaces como el búho real y el cárabo común y algunos vivérridos.

Por su parte, el porcentaje de elementos postcraneales alterados señala que el predador se halla entre las especies que forman la categoría 2 de modificación D_P, excluyendo a los vivérridos como candidatos. En esta categoría 2 de D_P se halla al búho manchado, al búho real y al cárabo común.

De este modo, los grados de digestión de los diferentes elementos estudiados presentan cierta homogeneidad, lo que podría indicar la aportación de un sólo predador al conjunto estudiado. Además, las categorías de alteración identificadas a través de la digestión de los diferentes elementos anatómicos, señalan la intervención de unas mismas rapaces: el búho manchado, el búho real y el cárabo común.

Las alteraciones, tanto en rotura como en representación, de los conjuntos de micromamíferos producidas por estos predadores son semejantes, dificultando la diferenciación de sus conjuntos. Sin embargo, el grado general de fractura que infringe el cárabo común en sus concentraciones es mayor al que realizan los búhos.

Entre los resultados del análisis es posible observar que el promedio de representación de elementos es medio. Además predominan los restos postcraneales y existe baja fractura en mandíbulas y en dientes. Existe un importante número de restos fracturados de TD6-3 que, además, presenta grados moderados y fuertes. Sin embargo, se debe recordar que éstos y otros parámetros de estudio de la fractura y representación de las muestras fósiles pueden estar modificados por agentes los postdeposicionales.

Así, la fractura y representación general de este conjunto es menor a la observada en TD6-2 y muy similar a la de los restos de TD6-3, sugiriendo la intervención de un predador de la categoría de alteración general intermedia o 2. En esta categoría se encuentra al búho manchado, al búho real y al cárabo común. Además el grado de digestión de todos los elementos estudiados permite señalar, entre todos los candidatos, al búho real como autor de la acumulación.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.3.2. Alteraciones postdeposicionales

En cuanto a las alteraciones de origen postdeposicional, cabe destacar la presencia de varias modificaciones, aunque en bajos porcentajes. Ninguna de las modificaciones descritas a continuación presenta una selección diferencial de elementos óseos y dentales ni de especies representadas en la muestra.

La coloración general de la muestra estudiada es muy homogénea, presentando colores castaños con mayor o menor intensidad.

En TD6-1 destacan los óxidos de manganeso. Estos están presentes en la superficie del 75,5% de los restos (Figura 11.27). En cuanto a la superficie del resto alterado, los óxidos se distribuyen, mayoritariamente de forma aislada (49,3%) y concentrada (28,4%) (Tabla 11.46).

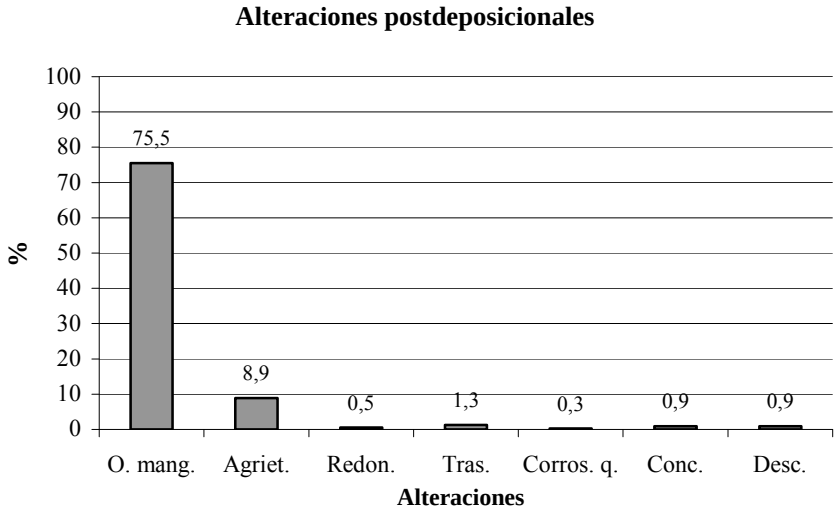

Figura 11.27. Alteraciones postdeposicionales identificadas en TD6-1. O. mang.: óxidos de manganeso; Agriet.: agrietamientos; Redon.: redondeamientos; Tras.: traslúcidos; Corros. q.: corrosión química; Conc.: concreciones; Desc.: descamaciones.

Óxidos de manganeso

Disposición	*%*
Aislado	49,3
Disperso	21,7
Concentrado	28,4
Generalizado	0,7

Tabla 11.46. Distribución de los óxidos de manganeso en la superficie de los restos alterados.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los agrietamientos aparecen en la superficie del 8,9% de dientes y huesos estudiados (Figura 11.27). Estos agrietamientos siguen la dirección de las líneas de formación del colágeno y suelen ser, en su mayoría, muy finos y carentes de profundidad (65,5%) o con poca anchura y profundidad (34,5%).

Un pequeño porcentaje de restos presenta un aspecto traslúcido (1,7%). Éstos presentan un cambio de coloración local o parcial hacia tonos marrón oscuros y bordes de fractura angulosos (Figura 11.27).

Las concreciones y las descamaciones aparecen en el 0,9% de los restos, ambos de forma aislada (Figura 11.27).

También se ha identificado la presencia de pequeñas estrías relacionadas con el pisoteo o *trampling* en el 0,5% de los restos (Figura 11.27). El mismo porcentaje de presencia poseen los bordes, anatómicos y de fractura, redondeados en grado 1, con la ausencia total del pulido. Se destaca la presencia de 3 restos (el 0,3%) con corrosión química en la dentina (Figura 11.27).

Las alteraciones postdeposcionales descritas permiten inferir algunos de los agentes que intervienen en la formación de los fósiles y del subnivel 1 de TD6. Destaca la presencia de óxidos de manganeso, indicando un ambiente húmedo y la actividad bacteriana dentro de la cavidad.

Los agrietamientos indican que los fósiles afectados experimentaron cambios de temperatura y humedad. La asociación con la descamación podría estar relacionada con una inicial exposición a los agentes de alteración subaéreos. Sin embargo, el escaso número de restos afectados por estas dos alteraciones superficiales no permite afirmar la hipótesis de exposición a los agentes metereológicos.

Existen unos pocos elementos parcialmente alterados por adiciones de nuevos minerales y corrosión química, indicando un ambiente húmedo con momentos de desecación y alteraciones químicas locales. Además, se han registrado algunos elementos con cambios de coloración (traslúcido), que posiblemente sugieren variaciones en la proporción del P y el Ca.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.2.4. Resumen diacrónico de TD6

En los cerca de 2,5 m. de potencia estratigráfica de este nivel se distinguen, tres subniveles a partir de criterios litoestratigráficos (TD6-3, TD6-2 y TD6-1). El registro arqueopaleontológico recuperado en este nivel es muy abundante. Este registro incluye un elevado número de restos humanos de *Homo antecessor* con evidencias de consumo humano, abundantes especies de vertebrados, industria lítica y elementos carpológicos y polínicos (Carbonell *et al.*, 1995; 1999; Fernández-Jalvo *et al.*, 1996; 1999; García Antón, 1998; Díez *et al.*, 1999; López-Antoñazas y Cuenca-Bescós, 2002).

Hasta el momento, en el estudio de cada subnivel se ha tratado la formación de las diferentes asociaciones fósiles a través de las alteraciones tafonómicas identificadas. En la diacrónica de TD6 que nos ocupa, se observarán las similitudes y diferencias tafonómicas entre los restos estudiados de cada subnivel. A través de ellas se podrá examinar la homogeneidad o heterogeneidad de la formación del nivel 6 de Gran Dolina.

El número de restos e individuos pertenecientes al grupo de los microvertebrados contabilizados son muy dispares en cada uno de los subniveles de TD6. Mientras que el número de restos de TD6-3 es de 170 elementos, en TD6-1 asciende a 2100 restos.

En términos generales, la presencia de individuos y especies en los tres subniveles de TD6 son muy similares. En TD6-3 y TD6-2 se ha contabilizado un bajo número mínimo de individuos, mientras que en TD6-1 el NMI es mucho mayor. En los tres subunidades destacan los mamíferos, sobre todo los roedores de la familia Arvicolidae. En los subniveles 3 y 2 se registran individuos pertenecientes al orden Eulipotyphla, ausentes en TD6-1, mientras que en este subnivel se ha recuperado un resto que indica la presencia de un quiróptero.

En cada subnivel analizado se han contabilizado la totalidad de los restos esqueléticos de los mamíferos. En todos, el promedio de representación de los elementos es bajo y predominan los restos postcraneales.

En general, la fractura de los elementos de TD6 es media, presentando tendencia a fracturas fuertes en el conjunto de TD6-2. Gran parte de las fracturas registradas en los subniveles de TD6 tienen un origen en la predación de los micromamíferos, sugiriendo un escasa influencia de las fracturas de origen postdeposicional. No obstante, no es posible descartar que alguna de estas

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL T-1402-2010

alteraciones, como el pisoteo detectado en TD6-1, origine parte de las fracturas de TD6.

Las trazas de digestión identificadas sobre los restos de roedores de todos los subniveles denotan predación, mientras que, entre los insectívoros, sólo los tálpidos de TD6-2 pueden ser relacionados dicha actividad biológica. Así, el resto de insectívoros de los subniveles TD6-3 y TD6-2 y el quiróptero de TD6-1 no presentan trazas de digestión. Ello sugiere dos hipótesis: o bien la digestión no ha dejado ninguna alteración superficial en el esmalte de los dientes o bien su presencia se debe a diversas intrusiones naturales en el sedimento.

En cuanto al predador, en el subnivel 3 y 1 ha sido posible identificar la presencia de un predador de categoría de alteración general 2. El búho real parece ser el candidato idóneo para ser el predador que forma esta acumulación. El predador propuesto como agente acumulador de los restos de TD6-2 es el cernícalo común.

Así, se puede observar que las alteraciones relacionadas con la predación indican la presencia de dos especies predominantes diferentes en los alrededores de la Sierra de Atapuerca durante la formación del nivel TD6.

Entre las alteraciones postdeposicionales que muestran los restos de micromamíferos de TD6 también se hallan muchas similitudes, sobre todo en las alteraciones que afectan a gran parte de los restos. Así, en los tres subniveles abundan las precipitaciones de óxidos de manganeso y los agrietamientos. También existe un pequeño porcentaje de restos de cada subunidad con aspecto traslúcido. Cabe destacar que mientras los porcentajes de agrietamientos y de las coloraciones traslucidas mantienen porcentajes similares en los tres subniveles, el de manganesos precipitados es mucho menor en el subnivel TD6-2.

Las diferencias entre las alteraciones postdeposicionales de los tres subniveles se dan en alteraciones que afectan a pequeños porcentajes. Así, mientras TD63 y TD6-2 poseen pequeños porcentajes de concreciones, sólo en TD6-1 se han registrado ligeros redondeamientos en algunos restos relacionados con la abrasión hídrica, estrías por pisoteo, corrosión química y descamación.

De esta manera, los restos de micromamíferos de TD6 y las alteraciones postdeposicionales que presentan permiten observar cierta continuidad diacrónica entre TD6-3 y TD6-2 a pesar de distinguirse dos horizontes litoestratigráficos diferenciados. En cambio, TD6-1 presenta una serie de alteraciones diferenciadas de estos dos subniveles que sugieren una génesis diferente.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

11.3. Discusión diacrónica de Gran Dolina

En la presente Tesis se han estudiado los fósiles de micromamíferos del nivel Este 5 y del nivel 6 de Gran Dolina. Estos niveles pertenecen al período cronológico del Pleistoceno Inferior. El nivel TD6 está datado entre 800 y 900 ka., aproximadamente (Parés y Pérez-González, 1995, 1999; Falguères *et al.*, 1999; 2001; Berger *et al.*, 2008), mientras que para el nivel TDE5 se estipula una cronología cercana a 850 y 950 ka.

En los apartados dedicados a cada subnivel se han observado y descrito las características tafonómicas, los predadores que han intervenido y las modificaciones postdeposicionales. Ahora, nos centraremos en la visión diacrónica de la formación de la fase inferior de Gran Dolina.

En las asociaciones fósiles de Gran Dolina se han identificado tres predadores distintos: el búho real en TDE5 base, TD6-3 y TD6-1, el búho chico en TDE5 techo y el cernícalo común en TD6-2 (Tabla 11.47). El búho real (*Bubo bubo*) ocupa hábitat variados, frecuentemente relacionados con roquedos y acantilados, evitando el bosque denso y extenso (König *et al.*, 1999). Habita paisajes rocosos con árboles dispersos o arbustos, áreas forestales abiertas con claros, laderas escarpadas, acantilados rocosos en los valles fluviales, bosques de taiga con claros. Según algunos estudios etológicos, la altitud de los roquedos habitados por esta rapaz suele ser media, evitando las altas montañas (Manzano, 2003).

Es una rapaz de hábitos nocturnos, especialmente crepusculares y amaneceres. Durante la medianoche, el búho real suele estar más inactivo. Estos individuos descansan durante el día, solos o en parejas, en las grietas de las rocas y generalmente nidifican en el suelo de las rocas, en grietas cerca de cavidades o en las entradas de las cuevas (König *et al.*, 1999).

El búho real caza e ingiere generalmente mamíferos, aunque pueden formar parte de su dieta los pájaros, sapos, reptiles, peces y los insectos (Willgohs, 1974; Olsson, 1979; Hiraldo *et al.*, 1975; 1976; Herrera y Hiraldo, 1976; Mikkola, 1983; Donázar, 1989; König *et al.*, 1999). El rango de peso de sus presas llega a ser muy variado, puesto que consume desde pequeños roedores y musarañas hasta liebres, erizos, grandes ratas, zorros e incluso pequeños corzos (Mikkola, 1983; Andrews, 1990; König *et al.*, 1999).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Predadores mayoritarios de los micromamíferos de TDE5 y TD6 de Gran Dolina				
Nivel		Predador	Modo predación	Hábitat
TD6	TD6-1	Búho real	Oportunista	Es común en roquedos y barrancos de altitud media, próximos a bosques, aunque puede hallarse en diversos hábitat
	TD6-2	Cernícalo común	Selectivo	Diverso. Puede hallarse en cualquier hábitat abierto o semiabierto.
	TD6-3	Búho real	Oportunista	Caza en diversos hábitat. Es frecuente en roquedos y barrancos de altitud media, próximos a bosques.
TDE5	TDE5 techo	Búho chico	Selectivo	Prefiere los bosques cercanos a claros, sotos fluviales y bordes de bosques. Caza en zonas abiertas o semiabiertas.
	TDE5 base	Búho real	Oportunista	Diverso. Es común en roquedos y barrancos de altitud media, próximos a bosques.

Tabla 11.47. Principales predadores identificados en los diferentes niveles de Gran Dolina y sus características más importantes.

El búho chico (*Asio otus*) es una rapaz selectiva de hábitos nocturnos. Prefiere los bosques (de hoja caduca, mixtos o coníferas) cercanos a claros, donde suele dar caza a sus presas. Sin embargo, también puede hallarse en paisajes abiertos con grupos de árboles y setos, bordes de los bosques, bosques semiabiertos e incluso zonas pantanosas. Está relacionado con cursos de agua hasta 1500 m. por encima del nivel del mar.

Los estudios para determinar las presas consumidas por el búho chico son muy numerosos y presentan diversas variables en cuanto a las especies capturadas. Los realizados en la Península Ibérica aseguran que la dieta alimenticia de esta especie no difiere mucho de la de la lechuza común (Araujo, 1970; Araujo *et al.*, 1973; Delibes *et al.*, 1983). Ambas dietas varían según la abundancia y escasez de un determinado tipo de presas, la época del año y lugares donde habita. Sin embargo, a diferencia de la lechuza común, el búho chico está especializado en micromamíferos, sobre todo microtinos (Delibes *et al.*, 1983; Mikkola, 1983). Ocasionalmente, también incluye pequeñas aves e insectos, y aunque consume algunos insectívoros, éstos no forman parte de su dieta habitual (König *et al.*, 1999).

El búho chico, aunque prefiere anidar entre los árboles del bosque, suele dar caza a sus presas en zonas abiertas, próximas a los bosques o en lugares donde la vegetación predominante sean setos bajos y dispersos (König *et al.*, 1999).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El cernícalo común (*Falco tinnunculus*) es una pequeña rapaz diurna que puede hallarse en todos los terrenos abiertos o semiabiertos como montes bajos, estepas y roquedos, siempre a menos de 2000 m. de altitud. Evita los bosques densos. Esta falconiforme se considera moderadamente selectiva, puesto que prefiere los pequeños mamíferos, que pueden formar el 65% de su dieta (eligiendo ratones, microtinos y musarañas). Complementan el resto de su dieta con insectos y ocasionalmente, con jóvenes pájaros (Garzón, 1973; Andrews, 1990). El cernícalo nidifica en solitario, en cualquier oquedad o grieta de roquedo, pudiendo utilizar viejos nidos de otras aves. Generalmente, no suelen adentrarse en las cavidades.

Ya se ha apuntado anteriormente la necesidad de conocer al predador mayoritario que produce tafonómicamente los restos de micromamíferos de un estrato para elaborar correctas interpretaciones paleoecológicas. De esta manera es posible valorar el sesgo existente realizado por el predador entre los taxones representados en base a sus preferencias dietéticas. El búho real identificado en TDE5 base, TD6-3 y TD6-1 posee hábitos oportunistas, mientras que el búho chico y el cernícalo común identificado en TDE5 techo y TD6-2 respectivamente, son selectivos (Tabla 11.47). Sin embargo, en todos los niveles se ha registrado una mayor presencia de roedores y, sobre todo, de arvicólidos. Como ya se ha podido observar en Sima del Elefante, ello puede estar relacionado con la abundancia de estos individuos en el Pleistoceno. Así, el cambio observado en las faunas desde el Villafranquiense Inferior (3,5 Ma.) se caracteriza por una disminución de la biodiversidad de cricétidos, glíridos y esciúridos y por la substitución del predominio de los múridos por el progresivo predominio de los arvicólidos (Ruiz-Bustos *et al.*, 1984; Ruiz-Bustos y Sesé, 1985; Agustí *et al.*, 1986; Sesé, 1989; 1991; 2006; Sesé *et al.*, 2001). Así, en esta cronología, los arvicólidos son el grupo de roedores más abundante en la comunidad biológica pretérita, siendo lógico que entre la dieta de los predadores oportunistas abunden estos taxones. Además, los predadores selectivos identificados (búho chico y el cernícalo) poseen unas preferencias dietéticas dirigidas a la selección de los mamíferos. Entre su dieta, suelen abundar los roedores arvicólidos, siendo también esperable una abundancia de estos taxones en sus acumulaciones.

A pesar de que el grupo de los insectívoros suele ser abundante entre los micromamíferos, no están presentes en las muestras estudiadas de los subniveles de TD6 (TD6-3 y TD6-1). Además, en las muestras de algunos niveles donde sí están presentes (TDE5 base), la variedad de especies observada es muy baja. Las características etológicas de los predadores de estos niveles indican que este sesgo en nuestras muestras no mantiene ninguna relación con el predador, puesto que los predadores de TD6-3, TD6-1 y TDE5 base, es el búho real, una rapaz oportunista que

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

presenta un abundante contenido en insectívoros en sus egagrópilas. En ningún nivel se determinan grados de fracturas mayores y pérdidas de elementos preferenciales en especies o familias determinadas que pudieran tener relación con aportaciones diferenciales entre los componentes la muestra. Asimismo, las alteraciones postdeposicionales identificadas no explican la presencia de un sesgo diferencial en niveles concretos. No obstante, la escasez de insectívoros puede estar relacionada con los diversos aportes sedimentarios del nivel estudiado, que serán retomados posteriormente. Actualmente, no existe una causa tafonómica para explicar la infrarepresentación o ausencia de estos taxones en las muestras analizadas.

Tan sólo en las muestras de TDE5 techo y TD6-2 se ha registrado la presencia de las familias de insectívoros. En TDE5 techo, los elementos del orden Eulipotyplha no poseen digestión. Además, se ha identificado al búho chico como predador mayoritario y entre su dieta no suelen incluirse los insectívoros. Ello permite sugerir, de forma hipotética, dos orígenes diferentes para estos individuos:

- Pueden deberse a intrusiones naturales (madrigueras, en el caso de los topos) o trampas naturales.
- Pueden estar relacionados con la aportación de algún otro predador minoritario, que no dejó evidencias de alteración sobre los restos consumidos.

Para contrastar cualquiera de las dos hipótesis, sería necesario ampliar la muestra de este grupo, observar la proporción de especies representadas en la nueva muestra e identificar la presencia de alguna traza de digestión en la superficie de los restos. La ausencia de digestión afirmaría la primera hipótesis, mientras que la presencia de digestión en algún resto contrastaría la hipótesis de un segundo predador.

Al contrario de TDE5 techo, los elementos de tálpido de TD6-2 poseen digestión (en grado ligero). Así, los insectívoros de este subnivel y, concretamente los topos, pudieron ser consumidos por el cernícalo, quien ocasionalmente los incluye en su dieta.

En los subniveles de TDE5 techo y TD6-2 están representados los sorícidos, erizos y las musarañas de dientes rojos, aunque predominan los tálpidos (*Talpa* cf. *europaea*). Como ya se ha afirmado en la discusión diacrónica de Sima del Elefante, en biotopos actuales equilibrados los sorícidos y crocidurinos son los insectívoros más abundantes, no los tálpidos (Wójcik y Wolsan, 1998). Esta abundancia, que como hemos visto no está relacionada con la selección preferencial de presas, puede deberse a la robustez de las extremidades de esta especie (que se utilizan para estimar el NMI).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Estos elementos más robustos poseerían también mayor dureza, lo que aumentaría su probabilidad de persistencia frente a las condiciones que afectan al conjunto de elementos conservados. Es decir, y al igual que en los niveles de Sima del Elefante, mientras los elementos diagnósticos de otros insectívoros tenderían a desaparecer, los húmeros de tálpido persistirían frente a los mecanismos de modificación tafonómica.

En cuanto a la representatividad de los taxones de micromamíferos presentes en TDE5 y TD6, se debe tener en cuenta que, de entre los predadores identificados, tan sólo el búho real muestra claros hábitos oportunistas. Así, los taxones-presa de TDE5 base, TD6-3 y TD6-1 son una representación más o menos fiel de la comunidad viva pretérita, por lo que, las interpretaciones paleoecológicas surgidas de las abundancias relativas de esos taxones reflejarían el hábitat de caza de los predadores que los consumieron.

En cambio, el búho chico (TDE5 techo) y el cernícalo (TD6-2) poseen hábitos claramente selectivos, por lo que las interpretaciones paleoecológicas de estos subniveles a través de los micromamíferos deben realizarse con precaución.

En este sentido, los estudios sistemáticos realizados hasta la actualidad no muestran diferencias en la presencia y ausencia de taxones entre los subniveles de TDE5 (Cuenca-Bescós *et al.*, 2009). Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos trabajos abarcan conjuntamente la totalidad de la potencia de TDE5. Por ello, para nuevos estudios se deberá observar detalladamente la presencia y distribución en la secuencia de TDE5 de los taxones de micromamíferos, teniendo en cuenta la identificación de una rapaz selectiva en la parte superior del nivel.

En el caso de TD6-2, la rapaz identificada presenta hábitos selectivos y diurnos, por lo que es necesario observar si existe alguna diferencia entre los taxones de este nivel y los de TD6-3 y TD6-1. Si bien en los estudios sistemáticos realizados hasta la actualidad han podido detectar en estos tres subniveles algunas diferencias en la presencia de algunos taxones, estas diferencias son escasas y poco significativas. Así, sólo se han registrado tres taxones en TD6-1 no presentes en el resto de la secuencia del nivel (*Sorex* spp., *Allophaiomys chalinei* y *Micromys minutus*). De este modo, en la distribución taxonómica de TD6 no existen diferencias relacionadas con los hábitos dietéticos específicos del cernícalo en los taxones de micromamíferos de TD6. No obstante, la presencia de una ave selectiva como agente acumulador deberá ser tenida en cuenta si en futuras investigaciones taxonómicas se desvela la presencia de taxones diferentes en cualquiera de los subniveles de TD6.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Tal y como ya se ha apuntado, con anterioridad a esta Tesis se realizaron distintos trabajos tafonómicos sobre los micromamíferos de los niveles de Gran Dolina (Fernández-Jalvo 1992; 1995; 1996; Fernández-Jalvo y Andrews; 1992). Los datos de estas investigaciones señalaron la intervención de una única especie mayoritaria de predador en los niveles TD5 y TD6. La buena representación de todos los elementos esqueléticos, la fracturas en grados medios y la digestión de los elementos en grados moderados sugirieron la intervención de un cárabo común (*Strix aluco*) como autor de las asociaciones de ambos niveles. Así, según estos datos, este predador presentaría cierta continuidad y constancia en las inmediaciones de la Sierra durante la formación de ambos niveles, sin la aparente intervención de un competidor eventual (Fernández-Jalvo, 1992).

Sin embargo, las alteraciones identificadas en esta Tesis y relacionadas con la predación indican la presencia de tres rapaces diferentes para la secuencia de TDE5 y TD6. Esta divergencia podría estar relacionada con la caliza que divide la parte inferior del relleno en dos zonas y con los diferentes aportes sedimentarios. Las dos zonas en las que se divide el relleno de TD5 (este y oeste) presentan discrepancias estratigráficas de difícil correlación (descritas en capítulo 10). Así, mientras los restos de micromamíferos estudiados por la Dra. Fernández-Jalvo provienen de un muestreo realizado en la sección Oeste de Gran Dolina, el sondeo estratigráfico de donde proceden las muestras de la presente Tesis se realizó en la sección Este. Además, tal y como se ha descrito en el apartado 10.2, durante la excavación del sondeo bioestratigráfico de Gran Dolina se identificó una importante complejidad geológica y topográfica que permitió diferenciar en el nivel TD6 varias aportaciones sedimentarias diferentes. De esta manera, el origen y aporte de los restos y los sedimentos de TD5 y TD6 y, posiblemente, el predador productor de los mismos, puede ser diferente en la sección este y en la sección oeste. De esta manera, y contrariamente a lo propuesto en otras investigaciones, los nuevos resultados indican que el cárabo común sí poseería uno o varios competidores cercanos para la obtención de las presas de los diferentes ecosistemas de la Sierra de Atapuerca durante la formación de TD5 y TD6.

El hábitat preferencial del cárabo común son los bosques semiabiertos, generalmente de caducifolios y de coníferas, con claros cercanos y los bosques de ribera (König *et al.*, 1999). Este hábitat es similar al hábitat preferencial de los predadores identificados en la presente Tesis, aunque éstos últimos pueden presentar mayor vinculación con ambientes ligeramente más abiertos que el cárabo común. Además, las concentraciones de cárabo suelen constituir una representación fidedigna de las comunidades de microvertebrados existentes en el hábitat de caza, puesto que poseen la dieta más diversificada de todas las estrigiformes. Mientras que los

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

predadores ahora identificados muestran hábitos de consumo selectivo. De este modo, estas diferencias detectadas en las diversas rapaces hacen necesaria una serie de nuevas investigaciones. Éstas deberán estar dirigidas a establecer la relación existente entre ambos lados de relleno y a explicar el tipo de correspondencia entre los predadores identificados en un mismo contexto arqueopaleontológico.

Los predadores identificados en esta Tesis permiten realizar aproximaciones paleoambientales de la Sierra de Atapuerca durante la formación de TDE5 y TD6. Se debe tener en cuenta que estas rapaces se distribuyen en ambientes más o menos amplios, dificultando las interpretaciones. A pesar de ello, ningún predador posee preferencias de hábitat y/o caza en bosques densos o estepas desérticas, lo que permite descartar este tipo de ambientes. Cada una de las especies descritas mantiene preferencias en torno a ambientes formados por zonas forestales abiertas y semiabiertas con áreas abiertas o praderas cercanas a ellas. Además, la presencia más o menos continua del búho real en los niveles TDE5 y TD6 reafirma la existencia de roquedos con vegetación dispersa en la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior. La similitud en los hábitat observados indican la ausencia de cambios significativos en el paisaje a través del predador durante la formación de las distintas subunidades estudiadas.

Las anteriores investigaciones llevadas a cabo con diversos materiales y métodos han aportado datos que permiten realizar varias interpretaciones paleoambientales de la secuencia de Gran Dolina. Estas interpretaciones, como veremos, no siempre son coincidentes e incluso, en ocasiones, son contradictorias. Antes de llevar a cabo la descripción paleoecológica del nivel TD5, se debe tener en cuenta que parte de los estudios realizados en este nivel hacen referencia a la sección oeste y no al nivel TDE5 (Hoyos y Aguirre, 1995; García Antón, 1998).

Según los análisis polínicos, el ambiente de la Sierra durante la formación del nivel TD5 estaba compuesto por un bosque abierto y las condiciones climáticas generales eran frías y secas (García Antón, 1998). Sin embargo, la sedimentología identificó la presencia de dos pulsaciones frías y húmedas (en la parte basal y el techo de la potencia sedimentaria del nivel) separadas por una pulsación templada o cálida y seca (Hoyos y Aguirre, 1995).

Los taxones de micromamíferos permitieron interpretar la presencia de una estepa árida con islotes boscosos en la base de TD5, que deriva en la parte superior del nivel (y en la base de TD6) en un bosque abierto con valles cercanos, durante un período climático cálido y con fluctuaciones en el grado de humedad (López-Antoñanzas, 2000; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Así, en general, la sedimentología, el polen y los micromamíferos permitieron identificar la presencia de un ambiente continental durante la formación de TD5 donde se desarrolló una estepa o pradera con un bosque abierto cercano (Hoyos y Aguirre, 1995; García Antón, 1998; López-Antoñanzas, 2000; Lopéz-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002).

La revisión de los taxones de microvertebrados corrobora la presencia de un paisaje abierto, aunque sugiere un clima más templado y húmedo al identificado por los autores anteriores (Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al.*, 2005; Blain *et al.*, 2008b; 2009).

En lo que respecta a TD6, el estudio de los procesos sedimentarios sugirió la existencia de un cambio climático en la base del nivel hacia condiciones más frías y húmedas (Hoyos y Aguirre, 1995). Si bien el registro polínico también detectó un cambio en TD6, éste parece señalar condiciones menos rigurosas. Así, la presencia en este nivel de Cupresáceas, *Quercus* perennifolios y caducifolios y *Olea* sugiere un cambio en las condiciones climáticas desde situaciones de gran xericidad (identificadas en la base del nivel) hacia un incremento de la humedad y unas condiciones menos frías (en la parte medial del nivel) (García-Antón, 1998). Al final de la secuencia se identificaron taxones mediterráneos que indicarían el asentamiento de características climáticas no muy frías (García Antón, 1995; 1998). Además, la abundancia de semillas de *Celtis* en el registro reforzaría la hipótesis de la presencia de unas condiciones climáticas de carácter mediterráneo (E. Allué, com. pers.; Rodríguez *et al.*, 2010). Según el muestreo realizado por Burjachs (2002), en el nivel TD6 el paisaje mantendría un carácter bastante abierto. En este nivel se detectan formaciones vegetales de tipo dehesa, monte bajo, pequeños bosques de robles con otros acompañantes mesófilos y bosques galería o ribera.

Las interpretaciones paleoecológicas extraídas de los micromamíferos, López-Antoñanzas (2000) y López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós (2002) identificaron un bosque abierto en la base del nivel que se convierten, en la zona superior, en praderas húmedas con pequeñas zonas boscosas cercanas. El clima inferido sería más cálido y húmedo en la parte inferior del nivel que en la superior, donde se detectaron condiciones climáticas más frías y secas. Sin embargo, en la revisión de los materiales estas condiciones de la parte superior del nivel se definen menos frías (Cuenca Bescós, 2002; Cuenca Bescós *et al.*, 2005).

Los taxones de anfibios y escamosos indican un bosque abierto durante la formación de TD6, en un clima dominantemente húmedo y más frío en los subniveles

inferiores que se convierte en más templado y cálido en los superiores (Blain *et al.*, 2008b; 2009).

Las aves del nivel TD6 evidenciaron el predominio de las especies de espacios abiertos, grupos acuáticos y limícolas y, en menor medida, de zonas arbustivas y arboladas (Sánchez Marco, 1999; 2002; 2004).

Por su parte, los estudios paleoecológicos de la estructura de la comunidad de los niveles inferiores de Gran Dolina identificaron comunidades similares a las registradas en ambientes de vegetación boscosa abierta y seca en un clima frío (Rodríguez, 2001; 2004). Este autor establece analogías entre la comunidad faunística de TD6 y la hallada en un bosque holártico.

De este modo, y según la diversa información paleoecológica extraída de los niveles del Pleistoceno Inferior del Sondeo de Gran Dolina, las inmediaciones de la Sierra de Atapuerca presentaba un bioma formado por zonas abiertas o semiabiertas, con bosques abiertos cercanos. Durante la formación de estos niveles, el clima experimenta diversas fluctuaciones de frío a cálido, sin presentar, generalmente, condiciones extremas (Rodríguez *et al.*, 2010).

En este sentido, los datos paleoambientales de TDE5 y TD6 aportados en esta Tesis estarían en consonancia con los resultados de las investigaciones anteriores, aunque cabe puntualizar que, al contrario de las otras disciplinas, a través de los predadores de micromamíferos no se detectan cambios ni fluctuaciones.

A través de las alteraciones de origen postdeposicional de los fósiles de TDE5 y TD6 se han identificado las características microambientales. Se han identificado unas alteraciones similares para toda la secuencia estudiada, aunque la proporción y grado de alteración de cada una de estas alteraciones sugieren la intervención de unos procesos de formación diferentes en cada nivel. En líneas generales, en todos los niveles estudiados predominan las deposiciones de óxido de manganeso y agrietamientos. Los restos con aspecto traslúcido aparecen en todos los niveles, destacando TDE5 techo por el grado de alteración y frecuencia. Los bordes redondeados están presentes en los subniveles de la unidad TDE5 y en el subnivel TD6-1. En los tres, el porcentaje y grado de alteración son bajos. También existen alteraciones, como concreciones o corrosión química, que se presentan en algunos niveles, aunque cabe destacar que el grado de afección de éstas es, generalmente, muy bajo.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

A continuación se llevará a cabo la discusión de las alteraciones de cada nivel de Gran Dolina, valorando el grado de modificación y las relaciones entre las distintas alteraciones de un mismo nivel. Para ello, se ha elaborado un diagrama de las alteraciones de carácter postdeposicional, utilizando los porcentajes de elementos alterados respecto al total de restos estudiados en cada nivel, y se le ha añadido una zonación según análisis de *clusters* (Grimm, 1987) (Figura 11.28).

Como puede apreciarse en la figura 11.28, el subnivel TD6-1 registra el mayor número de alteraciones, mientras que el nivel TDE5 muestra los porcentajes de presencia más altos. Se puede observar también que los niveles de TDE5 se agrupan en un mismo bloque (zona A), ya que ambas partes del nivel (base y techo) poseen alteraciones similares en porcentajes elevados, mientras que los subniveles de TD6 (diferenciados de los de TDE5 en la zona B), se subdividen en dos *clusters* (zonas B1 y B2).

Alteraciones postdeposicionales de TDE5 y TD6

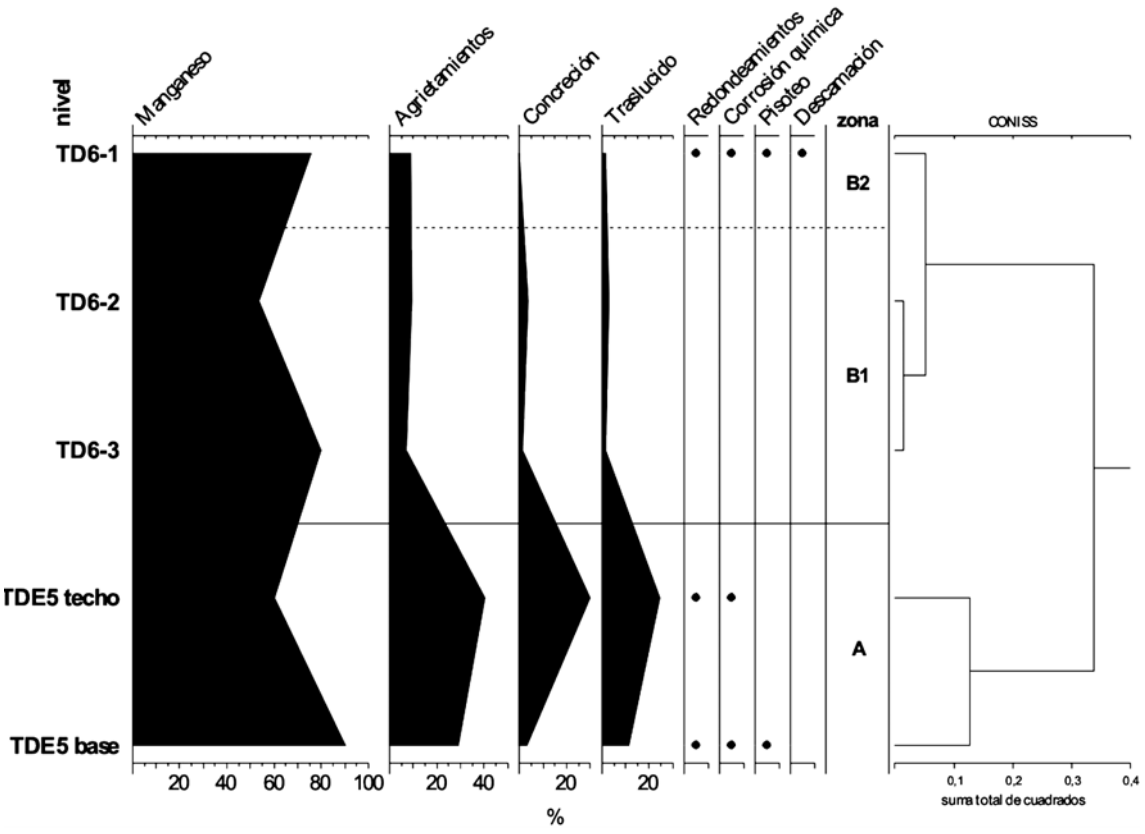

Figura 11.28. Diagrama de las modificaciones postdeposicionales en base al porcentaje de elementos alterados en los niveles TDE5 y TD6 de Gran Dolina. • presencia. (Diagrama: I. Expósito/IPHES).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En general, la mayor parte de las alteraciones de ambos niveles está relacionada con el microambiente de cueva, caracterizado por la escasa presencia de luz y por un alto grado de humedad. No obstante, en TD6 se puede apreciar un ligero descenso del número de alteraciones y de los porcentajes de alteración respecto a TDE5 (Figura 11.28).

Algunos de los predadores identificados, como el búho real y el cernícalo común, poseen la capacidad de anidar o reposar en abrigos, suelos rocosos o roquedos (König *et al.*, 1999). Sin embargo, los restos estudiados poseen alteraciones que sugieren que no han sido producidos en la cavidad y que se hallan en posición secundaria. Para identificar el proceso de entrada de los restos en la cavidad es necesario analizar cada uno de los subniveles de forma independiente.

Las características etológicas de los predadores identificados (búho real y búho chico) sugieren que el lugar de deposición se halla o bien en el exterior de la cavidad o en la entrada de la misma. La presencia de redondeamientos en los subniveles de TDE5 sugiere un transporte en medios hídricos desde el lugar de deposición hasta la cavidad. En estos niveles, los redondeamientos afectan a un bajo porcentaje de restos y, generalmente, en grado ligero, sin presentar, en ningún caso, evidencias de pulido.

Los porcentajes y grados de abrasión incipiente de los restos de micromamíferos se han relacionado, experimentalmente, con el transporte hídrico con partículas finas en suspensión (limos y arcillas o arenas) durante un corto período de tiempo (Andrews y Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). Estos autores también observaron que la superficie de los restos frescos suele redondearse más lentamente que la superficie de los huesos secos (Fernández-Jalvo y Andrews, 2003).

La presencia de todos los elementos esqueléticos, incluso los de menor tamaño puede deberse a la entrada de egagrópilas parcial o totalmente cohesionadas en la cavidad. De esta manera, sólo los restos desprovistos de recubrimiento podrían presentar alteración por abrasión, preservándose intactos los que estuvieran completamente protegidos por materia biológica. El proceso de descompactación y disgregación de las egagrópilas podría iniciarse o producirse durante el transporte hídrico (Fernández-Jalvo y Andrews, 2003).

Los factores que condicionan el grado de alteración de los restos transportados (la baja energía de las corrientes hídricas, el pequeño tamaño de las partículas erosivas, el poco tiempo de exposición, el transporte en suspensión y el grado de compactación de las egagrópilas) no son excluyentes entre sí, por lo que todos pueden

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

haber participado o combinado en el proceso de alteración en TDE5. Además, se debe tener en cuenta que no es posible observar si existe uniformidad en la distribución espacial de los restos de micromamíferos en la extensión de cada uno de los subniveles. Así, para confirmar la hipótesis del aporte hídrico sería necesario realizar nuevos muestreos más allá del sondeo bioestratigráfico y observar si existe distribución diferencial de los restos.

Los estudios tafonómicos de los macrovertebrados indican que los restos de todos los subniveles de TDE5 están en posición secundaria (Huguet, 2007; Saladié, 2009). La presencia de alteraciones por exposición subaérea e intervención de raíces en algunos subniveles indica que los elementos provienen del exterior de la cavidad (Saladié, 2009), reafirmando el aporte exocárstico propuesto anteriormente (Hoyos y Aguirre, 1995; Vallverdú, 2001). Huguet (2007) identifica la combinación de aportes gravitacionales (TDE5d, c y a) con aportes externos de origen hídrico (TDE5c y b) en los restos de macrovertebrados. Sin embargo Saladié (2009) defiende un aporte mayoritariamente gravitacional en toda la secuencia, en combinación con una dispersión por mecanismos hídricos de bajo alcance ya en el interior de la cavidad, especialmente significativa en TDE5a.

Como hemos visto, la microfauna sugiere una aportación por medios hídricos, mientras que en la aportación de macrovertebrados se combinaron los aportes hídricos y gravitacionales (Huguet, 2007; Saladié, 2009). De este modo, en la introducción de los restos y en la génesis de los subniveles de TDE5 participan los aportes de origen hídrico y gravitacional.

En la superficie de los restos de TDE5 abundan las alteraciones relacionadas con la actividad de microorganismos. Las precipitaciones de manganeso aparecen en los dos niveles en elevados porcentajes, aunque predominan en TDE5 base. Esta alteración, común en tafosistemas cársticos, está relacionada con un ambiente de deposición húmedo y anaeróbico o con ciclos de variación del oxígeno (Dorn y Oberlander, 1981; Courty *et al.*, 1989). Además, la presencia de abundantes agrietamientos y de concreciones reforzaría la hipótesis de un ambiente húmedo.

Es en TDE5 techo donde se observa un descenso del porcentaje de manganeso, y por lo tanto del grado de humedad. En este momento también se observa un aumento de los porcentajes de agrietamientos y concreciones (Figura 11.28), sugiriendo un descenso de la humedad, posiblemente relacionado con cambios bruscos de temperatura en la cavidad.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Una alteración importante en el nivel TDE5, especialmente en el TDE5 techo, es la alteración traslúcida (Figura 11.28). Este aspecto traslúcido de los restos puede deberse a variaciones en la proporción del P y el Ca durante la fosilización, relacionado con cambios en la composición química del sedimento (Y. Fernández-Jalvo, com. pers.). Además, esta alteración podría mostrar alguna relación con las concreciones. Se debe observar que cuando aumenta el porcentaje de elementos con aspecto translúcido, aumenta también el porcentaje de restos con concreciones (Figura 11.28). En un futuro, y de confirmarse esta correspondencia, se podría proponer como hipótesis la relación entre la alteración traslúcida y la humedad o los cambios de humedad o desecación en la cavidad. No obstante, y a la espera de nuevos análisis, la alteración traslúcida y su relación con las concreciones se consideran de origen desconocido.

Las alteraciones observadas en la totalidad del registro fósil de vertebrados de TDE5, permiten definir el tipo de aporte de los restos y el ambiente de la cavidad. Así, y como se ha descrito anteriormente, una parte de los fósiles, entre los que se hallarían los micromamíferos, son introducidos en la cavidad por flujos hídricos de baja energía. No obstante, se han identificado aportaciones de origen gravitacional en elementos de macrovertebrados (Huguet, 2007; Saladié, 2009), lo que no permite descartar que este mecanismo también haya participado en la aportación de algunos restos de micromamífero. El proceso de fosilización de los elementos dentro de la cavidad se puede relacionar con un ambiente de elevada humedad y encharcamiento. Todo ello sugiere que las condiciones ambientales de la cavidad durante la formación del nivel TDE5 no debían ser favorables para la ocupación por parte de los homínidos.

En este sentido, la escasez de restos con modificaciones relacionadas con la intervención de homínidos (dos restos en TDE5c y TDE5b) (Huguet, 2007 y Saladié, 2009) y los escasos restos de industria lítica hallados (en TDE5a y TDE5d) (Rodríguez Alvárez, 2004b) indican que no existió una ocupación en la cavidad durante la formación del nivel TDE5, a pesar de que se ha documentado la presencia de homínidos a lo largo de toda la secuencia de Sima del Elefante y de Gran Dolina entre 1,2 Ma. y 850 ka.

En lo que refiere al nivel TD6, se han identificado diversas alteraciones de origen postdeposicional. En primer lugar, cabe destacar las similitudes en estas alteraciones entre los subniveles TD6-3 y TD6-2, a excepción del porcentaje de óxidos de manganesos, considerablemente mayor en TD6-3 (zona B1, Figura 11.28). Así, se observa que ninguno de estos subniveles presentan modificaciones que sugieran el transporte de los fósiles, como redondeamientos y pulidos, ni el origen

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

(endocárstico o exocárstico) de los mismos, como meteorización y raíces (Figura 11.28). Esto puede estar sujeto a cualquiera de las siguientes hipótesis:

1.- Los restos produjeran directamente en la cavidad y se hallan en posición primaria. Los predadores identificados como los autores de estas acumulaciones (búho real y cernícalo común) ocasionalmente pueden realizar sus nidos en los voladizos a la entrada de la cavidad (König *et al.*, 1999).

2.- La entrada de los restos se produce por medios mecánicos de carácter gravitacional. Los predadores identificados anidan, frecuentemente, en el exterior de la cavidad, en las grietas de las rocas. De este modo, mientras se sucede la producción de egagrópilas en el nido, éstas podrían haber entrado gravitacionalmente en la cavidad. De confirmarse esta hipótesis, se debe considerar la posibilidad de una entrada paulatina de elementos y taxones en la cavidad.

3.- La entrada de los restos se realiza por medios hídricos mientras éstos estaban aún protegidos por la materia orgánica de las egagrópilas.

La zona de deposición se encuentra lejos de la boca de entrada principal del depósito, situada en dirección Suroeste (Rosell, 2001), lo que permite descartar una producción *in situ*, puesto que las rapaces como el búho real y el cernícalo común no suelen adentrarse en el interior de las cavidades, sino que permanecen en la zona de la entrada (König *et al.*, 1999). De este modo, se debe valorar que el transporte desde un punto exterior de la cavidad o desde la entrada de la misma puede haberse realizado a través de mecanismos hídricos o gravitacionales. La ausencia de alteraciones en los restos de micromamíferos no permite dilucidar entre ambos aportes, por lo que nos debemos apoyar en la geología del nivel y en las aportaciones identificadas en el resto del registro fósil.

En el capítulo 10 se ha descrito la complejidad geológica identificada en la parte inferior de TD6. En estas subunidades se han podido identificar hasta tres aportes diferentes en el sector intervenido por el sondeo: un aporte mayoritario de posible origen hídrico, proveniente del Noreste; un posible aporte gravitacional identificado en la sección Suroeste; y una estructura natural y vertical de drenaje (*cut&fill*) descrito en la zona central del sondeo (Parés y Pérez-González, 1999; Rosell, 2001).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El registro fósil de macromamíferos de los niveles TD6-3 y TD6-2 está formado por abundantes restos faunísticos (entre ellos restos de *Homo antecessor*) con evidencias de intervención antrópica y de carnívoros (Fernández-Jalvo *et al.*, 1996; 1999; Díez *et al.*, 1999; Rosell, 2001; Huguet, 2007; Saladié, 2009), junto con numerosas piezas de industria lítica (Carbonell *et al.*, 1995; 1999; 2001; 2005). Estos autores exponen varios argumentos para defender que los restos faunísticos fueron transportados completos hasta el interior de la cavidad, indicando un acceso primario e inmediato a los cadáveres por parte de los homínidos. Por un lado, se basan en la ausencia de un sesgo de transporte preferencial en los elementos de talla media y pequeña y la presencia de un sesgo en la representación de elementos de talla grande hacia los segmentos anatómicos con mayor contenido nutritivo. Por otro lado, se apoyan en la ausencia de alteraciones relacionadas con el transporte por agentes naturales (Díez *et al.*, 1999; Rosell, 2001; Huguet, 2007; Saladié, 2009). Todo ello indica que durante la formación del nivel, éste era un lugar de referencia para los homínidos (Díez *et al.*, 1999; Huguet, 2007; Saladié, 2009). Sin embargo, la presencia de un pequeño porcentaje de elementos con modificaciones por meteorización y raíces conecta a algunos restos de macrofauna con el exterior de la cavidad, implicando algún transporte posterior (Huguet, 2007).

Entre las alteraciones de carácter postdeposicional de los macrovertebrados destacan los ligeros redondeamientos relacionados con escorrentías de agua (Huguet, 2007; Saladié, 2009) y los agrietamientos y precipitación de óxidos de manganeso relacionados con el grado de humedad de la cavidad (Díez *et al.*, 1999, Huguet, 2007; Saladié, 2009) y las fracturas diagenéticas (Díez *et al.*, 1999). De este modo, el transporte de gran parte de los restos no tendría un origen mecánico, sino biológico, aunque estarían sujetos a posteriores movimientos postdeposicionales de origen hídrico dentro de la cavidad (escorrentía de baja energía).

Si consideramos estas hipótesis para explicar la aportación de los elementos microfaunísticos, se deberá suponer que esta escorrentía de agua de baja energía, podría transportar los pequeños restos desde cualquier punto de la cavidad o del exterior hasta el punto de deposición final. Sin embargo, teniendo en cuenta la geología y la total ausencia de alteraciones por abrasión hídrica, es factible proponer que los restos de micromamíferos de TD6-3 y TD6-2 se incorporarían a la cavidad mediante un transporte gravitacional relacionado con la presencia de una diaclasa en la zona sureste (teórico) de la cavidad. Este podría ser, también, el origen de ese pequeño porcentaje de restos de macrovertebrados con meteorización y raíces (Huguet, 2007). Siguiendo esta hipótesis, la distribución espacial de las numerosas semillas de *Celtis* recuperadas en el subnivel TD6-2 puede aportar valiosa

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

información. Estos restos, que suelen transportarse gravitacionalmente desde el árbol productor hasta el punto de deposición, se localizan, mayoritariamente, en los cuadros I/H 16, 17 y 18 (E. Allué, com. pers.). Las muestras de micromamíferos de TD6 analizadas en esta Tesis provienen de H17, coincidiendo con la distribución espacial del hipotético aporte gravitacional de las semillas. Como hemos visto en el capítulo 10, en este área se ha identificado a través de la litología, sedimentos de origen gravitacional, por lo que cabe la posibilidad de que las semillas de *Celtis* y los micromamíferos entrasen en la cavidad por esa diaclasa y se incorporasen al sedimento.

El nivel TD6-1 presenta modificaciones y porcentajes de alteración diferentes a los subniveles TD6-3 y TD6-2. Estas pequeñas diferencias entre subniveles originan que en la zonación del diagrama de la figura 11.28, el grupo B (formado por todos los subniveles de TD6) se subdivida en dos *clusters*, donde se diferencian el nivel TD6-1 en la zona B2 y los niveles TD6-3 y TD6-2 en la zona B1.

En cuanto a las modificaciones, en TD6-1 se aprecia un mayor número de alteraciones que los niveles TD6-3 y TD6-2. Además de las alteraciones observadas en los subniveles inferiores (manganeso, agrietamientos, y traslúcidos), en TD6-1, existen indicios de redondeamiento, corrosión química, pisoteo y descamación que no aparecen en TD6-3 y TD6-2 (Figura 11.28). En cuanto a los porcentajes de alteración de TD6-1 cabe diferenciar entre las modificaciones comunes a todo el nivel TD6 y las modificaciones observadas únicamente en el subnivel superior. En TD6-1, las modificaciones presentes en todos los subniveles de TD6 presentan un porcentaje de alteración similar o ligeramente mayor que en TD6-2 y TD6-3. En cambio, las modificaciones propias de TD6-1 (redondeamiento, corrosión química, pisoteo y descamación) presentan un porcentaje de alteración muy bajo (inferior al 1%) (Figura 11.28). El escaso porcentaje de estas alteraciones no permite relacionarlas con la abrasión hídrica ni con otros procesos de entrada de los restos.

A través de las observaciones de campo, del estudio litoestratigráfico y del estudio tafonómico de los restos de macrovertebrados se ha elaborado una hipótesis que explica el origen de los restos de este subnivel. En TD6-1 se observa una brusca variación lateral y discontinuidad sedimentaria. Como ya hemos descrito (capitulo 10), el subnivel TD7-2 se sitúa directamente sobre el subnivel TD6-2, puesto que los subniveles TD7-3, TD7-4 y TD6-1 no se han conservado en la zona oeste debido a una fuerte fase erosiva. Esta erosión es también observable en la litoestratigrafía, puesto que las arcillas rojas que componen TD6-1 en la zona este desaparecen en la

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

zona oeste, siendo substituidas por gravas brechificadas con calcita por un fenómeno postdeposicional de filtración de agua.

Entre el registro fósil de TD6-1 abundan los restos de macrofauna con indicios de actividad antrópica y de carnívoros. Además, también se hallan fósiles humanos pertenecientes a la especie *H. antecessor* y algunas piezas de industria lítica. En general, el conjunto fósil y las alteraciones predeposicionales que presenta, son similares a la recuperadas y observadas en el nivel TD6-2 (Huguet, 2007; Saladié, 2009). No obstante, las hienas tienen un papel fundamental en la formación de TD6-1 que no se ha detectado en los otros subniveles de TD6. En TD6-1, se ha recuperado una acumulación formada por un elevado número de coprolitos en las líneas 14 y 15, atribuidos, por su morfología y abundante proporción a hiénidos (Huguet, 2007; Saladié, 2009). El origen del registro macrofaunistico de TD6-1 no es muy claro. Las características postdeposicionales detectadas (básicamente redondeamientos) permiten a los investigadores plantear la hipótesis de que TD6-1 sea un depósito *in situ* lavado (Saladié, 2009). Sin embargo, la ruptura lateral observada en la letrina de hienas y las similitudes con el registro de TD6-2, indican que la hipótesis más plausible es la que explica que los restos arqueológicos de TD6-1 proceden de la zona oeste del yacimiento y del paquete correspondiente al subnivel TD6-2 (Huguet, 2007; Saladié, 2009). En base a esta hipótesis, y según expone Saladié (2009) a través de los restos de macrovertebrados, sobre el nivel TD6-2 se formaría el nivel TD6-1, momento en el que las hienas utilizan la cavidad como área de letrina. Posteriormente, este subnivel sufriría una fuerte erosión parcial (en la zona oeste) de la matriz arcillosa causada por la circulación de agua. Los materiales de TD6-2 habrían sido reelaborados y transportados por causas gravitacionales o por transporte hídrico, siendo finalmente resedimentados en el nivel TD6-1.

Las alteraciones observadas en los restos de micromamíferos y los porcentajes de alteración diferenciados entre TD6-1 y TD6-2/TD6-3 podrían estar relacionadas con esta hipótesis de reelaboración. De este modo, y estableciendo analogías con los subniveles precedentes, la baja presencia de las alteraciones por transporte en los restos de micromamíferos del nivel TD6-1 podría relacionarse con una aportación en la cavidad de forma gravitacional (recordemos que el búho real no suele anidar en el interior de las cavidades). Al igual que en TD6-3 y TD6-2, las variaciones sedimentarias locales observadas en los cuadros H-I 17-18 durante la excavación de TD6 podrían poseer un origen gravitacional, indicando la presencia de una diaclasa en la pared de la zona sureste (teórico). No se han detectado alteraciones relacionadas con el ambiente exterior (raíces, meteorización), lo que sugiere una corta o escasa exposición a ese ambiente. Sin embargo, un pequeño porcentaje de restos, algunos de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

ellos con alteraciones ligeras por redondeamiento, procederían de la reelaboración de los materiales de la sección oeste del subnivel TD6-2. Estos restos son poco abundantes, y no interfieren en la identificación del predador acumulador principal, ni tampoco sugieren la presencia de una mezcla.

No obstante, para avalar la hipótesis propuesta es necesario ampliar la superficie excavada y comprobar si existen remontajes entre los restos faunísticos y la industria lítica de las dos subunidades. En cuanto a los micromamíferos, sería necesario realizar diversos muestreos en la zona medial y en el extremo Oeste del yacimiento para observar los agentes de alteración postdeposicional habidos en la superficie de los restos. Igualmente, los trabajos arqueoestratigraficos combinados con la litroestratigrafía pueden aportar a la vez, datos importantes respeto a la formación del nivel.

En cuanto al resto de alteraciones postdeposicionales de TD6, en los tres subniveles abundan las alteraciones por óxidos de manganeso y los agrietamientos relacionados con la humedad. Estas alteraciones, comunes en tafosistemas cársticos, están estrechamente relacionadas con un ambiente de deposición húmedo y anaeróbico, o con ciclos de humedad y de variación del oxígeno (Dorn y Oberlander, 1981; Courty *et al.*, 1989). Sin embargo, el porcentaje de aparición de los manganesos en TD6 es, en general, menor que en TDE5 (Figura 11.28). El mayor porcentaje de presencia de estos óxidos en TD6 se da en los subniveles TD6-3 y TD6-1. Aquí, junto a esta alteración, no se halla un aumento o disminución de ninguna otra modificación que indique cambios de humedad y temperatura bruscos (como agrietamientos o concreciones) (Figura 11.28).

Por su parte, en el subnivel TD6-2, la disminución del porcentaje de los manganesos podría estar relacionada con un periodo de menor humedad y/o con momentos de apertura hacia el exterior. Además, y al contrario de lo observado en TDE5 techo (donde también disminuyen los manganesos), en TD6-2 no se ha detectado un aumento del porcentaje de agrietamientos y concreciones (Figura 11.28). Ello puede estar causado por un descenso de la humedad paulatino, de este modo los restos de TD6-2 no experimentarían cambios bruscos de temperatura y humedad que favorecieran la aparición de alteraciones en la superficie.

El aspecto traslúcido de los restos, aunque presente en todas las subunidades, presenta unos porcentajes menores a los observados en TDE5. De confirmarse la hipótesis de relación entre esta alteración y la humedad y cambios químicos del sustrato propuesta anteriormente, sería posible afirmar que TD6 presenta un ambiente de deposición de los restos con menor grado de humedad que TDE5. No obstante, y a

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

la espera de futuros análisis, la alteración traslúcida y su relación con las concreciones se consideran de origen desconocido.

Todo ello sugiere que el proceso de fosilización se produjo en un ambiente de deposición ligeramente menos húmedo al detectado en los subniveles de TDE5. Estas condiciones ambientales endocársticas de menor humedad favorecerían la ocupación de la cavidad por parte de los homínidos. Cabe señalar que, a pesar de que el nivel TD6 presenta mejores condiciones de habitabilidad que TDE5, es el subnivel TD6-2 el que presenta las condiciones óptimas para ser el escenario de las actividades de los grupos humanos que habitaban en la Sierra de Atapuerca.

En este sentido, y como hemos visto, la presencia de los grupos homínidos en la Sierra de Atapuerca entre 800 y 900 ka. se documenta a través de los numerosos restos de *H. antecessor* recuperados en TD6 (Carbonell *et al.*, 1995; Bermúdez de Castro *et al.*, 1997; 1999; 2006; 2008) y a través de la industria lítica y de los huesos con marcas de corte o fracturación de origen antrópico recuperados en los niveles TDE5 y TD6 (Fernández-Jalvo *et al.*, 1996; 1999; Díez *et al.*, 1999; Rosell, 2001; Huguet, 2007; Saladié, 2009). Así, los diferentes restos fósiles de TD6, especialmente el estrato Aurora, permiten definir este nivel como un lugar de referencia para los grupos homínidos del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca. Algunos autores afirman que este nivel se trata de un lugar de consumo de presas (Díez *et al.*, 1999), mientras que otros identifican un refugio de carácter estacional (Huguet, 2007) o un sitio de referencia para una comunidad, con un marcado carácter doméstico (Saladié, 2009). Sea del carácter que sea la ocupación o la intervención de los homínidos del Pleistoceno Inferior, ésta coincidió con el momento microambiental más propicio de Gran Dolina.

El anterior estudio de las alteraciones de origen postdeposicional en los pequeños mamíferos de la sección oeste de TD5 y TD6 sugirió una aportación gravitacional para ambos niveles (Fernández-Jalvo, 1992). Ésta se basa en la continuidad del predador identificado, en la uniformidad del paquete sedimentario y en la ausencia de alteraciones postdeposicionales relacionadas con la abrasión hídrica (Fernández-Jalvo, 1992). De este modo, según esta autora, los fósiles de ambos niveles pudieron llegar a incorporarse al sedimento de manera independiente a la dinámica de relleno de la cueva. Sin embargo, las alteraciones identificadas en esta Tesis indican un transporte realizado mayoritariamente en medios hídricos par los micromamíferos de TDE5 y de origen gravitacional para TD6. No obstante, no se debe obviar que los trabajos tafonómicos en restos de macrovertebrados sugieren una combinación de aportaciones hídricas y gravitacionales en los distintos subniveles de

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

TDE5, lo que sería coherente con las distintas aportaciones realizadas en los micromamíferos del horizonte 5. Además, se debe tener en cuenta el origen de las muestras estudiadas en relación con la caliza que divide la parte inferior del relleno en dos zonas (oeste y este) y con los diferentes aportes sedimentarios.

En ambos estudios tafonómicos sobre microvertebrados han sido identificadas alteraciones que sugieren el origen externo de los restos y que el proceso de fosilización se llevó a cabo en un ambiente de elevada humedad. Según el porcentaje de los óxidos de manganeso, Fernández-Jalvo (1992) sugirió que esta humedad sería especialmente importante en la parte superior de TD5 (correspondiente con TD5a en la estratigrafía) y destacó un importante descenso en TD6. En este sentido, los datos de esta Tesis coinciden con los resultantes de trabajos anteriores.

Así, a lo largo de esta visión diacrónica de los niveles del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina se ha discutido, por un lado, el paleoambiente de la Sierra de Atapuerca durante la formación de los niveles TDE5 y TD6, y por otro, el microambiente del interior de la cavidad. Así, según los predadores de micromamíferos mayoritarios sugeridos en esta Tesis Doctoral, el hábitat de la Sierra de Atapuerca entre 950 y 800 ka. debía estar formado por un mosaico paisajístico compuesto por zonas forestales semiabiertas o abiertas, con áreas abiertas o praderas cercanas a ellas y roquedos con vegetación dispersa. De igual forma, según las alteraciones postdeposicionales se afirma que en el interior de la cavidad existía un ambiente general con un alto grado de humedad, que desciende durante la formación del nivel TD6, especialmente del subnivel TD6-2. Estas características condicionan la habitabilidad de la cavidad en cada uno de los subniveles. Así, se puede apreciar un mayor impacto antrópico a través del registro arqueológico del subnivel TD6-2, momento de mejor habitabilidad de la cavidad según las alteraciones postdeposicionales observadas en los restos de micromamíferos.

A modo de conclusión, el conjunto de fósiles de TDE5 y TD6 y las alteraciones que presentan sugieren que ambas asociaciones forman parte de un tafosistema cárstico (confinado en TDE5 y abierto en TD6), formado por elementos de micromamíferos que provienen de un tafosistema exocárstico anterior.

Con la finalidad de resumir lo anteriormente expuesto a continuación se destacan las características más importantes del tafosistema de las unidades TDE5, TD6 de Gran Dolina.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Los restos de micromamíferos fósiles de todos los subniveles estudiados son fruto de la predación. Los predadores identificados permiten identificar que el paleoambiente que rodeaba Gran Dolina durante el Pleistoceno Inferior estaba formado por zonas forestales semiabiertas o abiertas con áreas abiertas o praderas cercanas.

Los predadores identificados en los niveles TDE5 techo y TD6-2 poseen hábitos de caza selectivo, sugiriendo un sesgo en la representación de las presas de la comunidad viva. Por el contrario, los predadores de TDE5 base, TD6-3 y TD6-1 poseen hábitos oportunistas.

La presencia de los restos de micromamíferos en el yacimiento está relacionada con los diversos aportes de carácter hídrico (nivel TDE5) y gravitacionales (TD6).

Las modificaciones postdeposicional identificadas indican un ambiente cárstico con elevado grado de humedad en los niveles TDE5 y TD6. El nivel TD6 presenta mejores condiciones de habitabilidad que TDE5. El microambiente del subnivel TD6-2 presenta las condiciones óptimas para ser el escenario de las actividades de los grupos humanos que habitaban en la Sierra de Atapuerca.

Las asociaciones de TDE5 y de los subniveles 3 y 2 de TD6 están resedimentadas, mientras que parte de los restos del subnivel TD6-1 pueden provenir de la reelaboración de los elementos de TD6-2.

Estas características serán retomadas en la discusión general (capítulo 12) y en las conclusiones (capítulo 13).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 12

Discusión general

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

"Ciencia es todo aquello sobre lo
cual siempre cabe discusión"

J. Ortega y Gasset

A lo largo de los diversos capítulos de esta Tesis Doctoral se han presentado las asociaciones de microvertebrados de Sima del Elefante y Gran Dolina desde un punto de vista tafonómico. Ello ha permitido realizar interpretaciones sobre la formación de cada uno de los niveles estudiados a través de la ordenación secuencial de los agentes, procesos y mecanismos de modificación que han intervenido en la fosilización de las entidades biológicas. Las interpretaciones diacrónicas de cada depósito están descritas en el apartado correspondiente a cada uno de los yacimientos (apartados 9.5 y 11.3). En el presente apartado se realiza un análisis comparativo de Sima del Elefante y Gran Dolina, con la finalidad de obtener una visión de la paleoecología de la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior y su aportación al conocimiento de este período cronológico en Europa.

Geográficamente, estos yacimientos están situados a escasos metros el uno del otro en la Sierra de Atapuerca. La Sierra es una zona de paso natural, un lugar estratégico donde confluyen las influencias mediterráneas, atlánticas y continentales. Además, ambos yacimientos están geológicamente situados en el sistema cárstico de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Cueva Mayor-Cueva del Silo. Este carst se desarrolló durante el Cuaternario, con las sucesivas reactivaciones relacionadas con la dinámica fluvial del río Arlanzón.

En Sima del Elefante y en Gran Dolina se han recuperado restos óseos y dentales de grandes y pequeños vertebrados, industria lítica elaborada con diversas materias primas y restos carpológicos y polínicos. Las investigaciones llevadas a cabo sobre estos restos permiten realizar interpretaciones biocronológicas, paleoecológicas, paleoclimáticas, morfotécnicas, paleoeconómicas y culturales, ampliando el conocimiento sobre los depósitos sedimentarios de la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior. Cabe destacar que, en ambos yacimientos, se han hallado restos humanos pertenecientes a la especie *Homo antecessor*, lo que constata su presencia en las inmediaciones de la Sierra desde cronologías cercanas al 1,2 Ma. (TE9) hasta aproximadamente 0,85-0,78 Ma. (TD6).

Así, si bien ambos yacimientos están cronológicamente enmarcados en el Pleistoceno Inferior, el periodo observado en ellos es diferente. Como se ha descrito en el capítulo 8, los análisis paleomagnéticos en Sima del Elefante revelan polaridad inversa en todos los niveles inferiores hasta el nivel TE17, de polaridad normal (subcron Jaramillo o Cobb Mountain) (Parés *et al.*, 2006; Carbonell *et al*., 2008). Ello supone que el techo de TE-LRU (el nivel TE14) podría tener una cronología similar o menor al 1 Ma. Se debe tener en cuenta que, a día de hoy, en las unidades TE15, TE16 y TE17 no se han documentado restos fósiles de ningún tipo, dificultando la correlación biocronológica con otros niveles de alrededor de 1Ma.

Por su parte, las últimas dataciones de Gran Dolina precisan que el nivel TD6 se formaría en una cronología de entre 850 y 900 ka. (Berger *et al.*, 2008). Ello situaría el nivel inmediatamente inferior, TDE5, en una cronología más antigua de 900 ka. Además, y como se ha descrito en el capítulo 10, el nivel TD1 poseería una antigüedad de alrededor de 1 Ma. (Parés y Pérez-González, 1995; 1999). Así, en términos generales y teniendo en cuenta las nuevas dataciones de Berger y colaboradores (2008), se podría afirmar que los sedimentos de la base de Gran Dolina poseen una antigüedad igual o superior al millón de años.

De este modo, mientras los niveles TE9-TE14 están datados entre 1,2 y 1 Ma. aproximadamente, el nivel TDE5, de Gran Dolina, posee una antigüedad mayor a 0,9 Ma. Sin embargo, entre el registro depositado en los niveles superiores de Sima del Elefante y los inferiores de Gran Dolina –especialmente TDE5- ¿que tipo de relación temporal existe? ¿Existe algún tipo de diacronía o superposición cronológica o por el contrario existe un vacío temporal entre ambas secuencias? Desde el punto de vista taxonómico, se identifican en estas secuencias tres unidades faunísticas diferentes:

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

TE-LRU se adscribe a la FU 1 mientras que las especies de TD3/4 y TD5 se adscriben a las FU 2 y 3 respectivamente (Cuenca-Bescós y García, 2007, Cuenca-Bescós *et al.*, 2010). De este modo, la hipótesis más plausible es la de una pequeña discordancia cronológica entre los niveles superiores de la Fase I de Sima del Elefante y los niveles inferiores de Gran Dolina. Posiblemente la correlación entre ambos yacimientos pueda situarse por encima de los niveles estudiados de Sima del Elefante (TE15/TE17) y por debajo de los aquí tratados de Gran Dolina (TD1).

Como se ha expuesto en las visiones diacrónicas anteriores, los estudios tafonómicos en Sima del Elefante y Gran Dolina han permitido identificar que el origen de los restos de micromamíferos está relacionado con la actividad biológica de varios predadores, a excepción del nivel TE14. De esta manera, han ofrecido importantes resultados sobre los ecosistemas que rodeaban la Sierra durante el Pleistoceno Inferior.

En esta Tesis, y con la finalidad de describir más fidedignamente las características del conjunto estudiado, se han modificado dos aspectos del método propuesto por Andrews (1990) (fractura de los elementos postcraneales y de los cráneos). Sin embargo, estas modificaciones han obtenido menores resultados de los esperados. Posiblemente ello se deba a la intensa fracturación ejercida por algunos de los procesos de modificación postdeposicional. No obstante, para consolidar o refutar dichas modificaciones metodológicas se deberán realizar nuevas investigaciones donde se incluya la observación de las tipologías de fractura propuestas en conjuntos de predadores actuales.

Por el contrario, en el proceso de identificación de los predadores mayoritarios ha sido clave la aplicación del experimento realizado en esta Tesis, puesto que ha permitido detectar la presencia de una mezcla de conjuntos de diversos predadores en el subnivel TE9b. Tal y como se ha afirmado en varias ocasiones, la identificación de los conjuntos producidos por varios predadores es imprescindible para una correcta interpretación ecológica. Mediante la experiencia llevada a cabo se observa que la metodología propuesta por Andrews (1990) permite apreciar la presencia de mezclas cuando en ellas existe un predador mayoritario (proporcionando aproximadamente el 70% de los restos en un conjunto) y el grado de alteración de los diferentes predadores es muy dispar. En este caso, además, se podrá identificar al predador que aporta el mayor número de restos al conjunto. En cambio, cuando no exista un predador mayoritario (aportación inferior al 70%) y el grado de alteración de los predadores que intervengan sea similar, no se distinguirá la mezcla de predadores y se vislumbrará el predador con la categoría de alteración media. A pesar de que esta premisa puede

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

tenerse en cuenta en futuras investigaciones, no se debe olvidar el carácter preliminar de los resultados. Por esta razón, para comprobar o refutar esta hipótesis y valorar su importancia en conjuntos fósiles, es necesario realizar nuevos experimentos donde participen predadores de diferente grado de alteración en porcentajes similares.

Este experimento también ha permitido identificar qué parámetros de estudio podrían sugerir una mezcla de predadores en una muestra. Éstos son la divergencia en los grados de digestión y en la fractura general y la disparidad en los grados de alteración generales de representación, fractura y digestión. No obstante, no podemos olvidar que en conjuntos fósiles, los procesos postdeposicionales pueden alterar la representación de los elementos esqueléticos y el grado de rotura de la muestra estudiada.

En referencia a los predadores identificados en la secuencia de Sima del Elefante se ha establecido la intervención de dos predadores mayoritarios (además de la mezcla en TE9b), el cárabo común y el búho real. En lo que respecta a los niveles TDE5 y TD6, se ha distinguido tres especies de predadores diferentes: el búho real, el búho chico y el cernícalo común. El paisaje inferido a través de los hábitat preferenciales de las rapaces de ambos yacimientos son similares. Así, sugieren que la Sierra formaba parte de un importante bioma constituido por diversos ecosistemas cercanos entre 1,2 y 0,78 Ma. En este mosaico paisajístico, es posible identificar la presencia cercana de un bosque de ribera semiabierto, zonas de praderas abiertas y grandes extensiones de agua más o menos permanentes en las inmediaciones.

A lo largo de este período no se ha detectado ninguna ruptura o cambio paleoecológico a través de la identificación del predador, aunque sí se ha identificado una ligera evolución general del bioma. Así, en los niveles más antiguos de Sima del Elefante (TE9 y TE10) se ha identificado la presencia del cárabo común. En cambio, en los niveles superiores de la fase TE-LRU de Sima del Elefante (TE11 y TE12) y en los niveles inferiores de Gran Dolina (TDE5 y TD6) se observa la presencia, más o menos constante, del búho real (Tabla 12.1). A pesar de que los hábitat preferenciales de estas dos especies son similares, el cárabo suele hallarse en bosques semiabiertos de frondosas, caducifolios y coníferas. El búho está relacionado con áreas abiertas, mayoritariamente rocosas y con poca vegetación, aunque cercanas a bosques. De esta manera, dentro del amplio bioma descrito en las inmediaciones de la Sierra se puede intuir una apertura del ecosistema boscoso más cercano a los yacimientos hacia zonas y áreas más abiertas. Esta evolución se produciría alrededor de 1 Ma.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Cronología	Unidad		Predador mayoritario	Bioma
0,75 * 0,9-0,85 ●	TD	6	1 Búho real 2 Cernícalo común 3 Búho real	Mosaico de biomas en las proximidades de la Sierra de Atapuerca. Se puede hallar bosques semiabiertos, posiblemente de ribera, zonas abiertas cercanas a bosques y roquedos. Los espacios más cercanos a la Sierra se abren progresivamente.
~1-0,9		E5	techo Búho chico base Búho real	
~1	TE	14	-	
		12	Búho real	
		11	Búho real	
		10	Cárabo común	
		9	a Cárabo común b mezcla	
1,3- 1,2			c Cárabo común	

Tabla 12.1. Resumen paleoambiental resultante del análisis tafonómico aplicado a los micromamíferos de los niveles del Pleistoceno Inferior de Sima del Elefante y Gran Dolina. Cronología en Ma. * ESR y Magnetismo (Parés y Pérez-González, 1995; 1999; Falguères et al., 1999; 2001; Pérez-González et al., 2001); ● Termoluminiscencia (Berger et al., 2008). Además de los predadores nombrados, se debe tener en cuenta la intervención de *B. fissidens* sobre una presa de TE9a.

Como se ha descrito en capítulos anteriores (8 y 10), diversas interpretaciones paleoecológicas de los niveles inferiores de Sima del Elefante han sugerido un ecosistema dominado por un paisaje fluvial o lacustre, con la presencia de praderas húmedas de carácter semiabierto o abierto y algunos bosques semiabiertos, en un período climático caracterizado por la sucesión de eventos cálidos y fríos (Rosas *et al.*, 2001; 2004; 2006Cuenca-Bescós y Rofes, 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2004; Rofes y Cuenca-Bescós, 2006; Cuenca-Bescós y García, 2007; Rofes, 2009; H. A. Blain, com. pers.). Sin embargo, durante la formación de los niveles TD5 y TD6 se ha identificado la presencia de un ambiente muy diverso (Hoyos y Aguirre, 1995; García-Antón, 1995; 1998; Rodríguez, 2001; 2004; Burjachs, 2002; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al.*, 2002; Sánchez Marco, 2004; Blain *et al.*, 2008; 2009). Este ambiente puede presentarse como bosques semiabiertos en climas cálidos/templados y húmedos, o como estepas áridas o semiáridas en climas más fríos y secos. Si bien las interpretaciones realizadas a partir de los predadores de micromamíferos no coinciden totalmente con estas interpretaciones, son coherentes con la presencia cercana de varios ecosistemas, generalmente, de carácter abierto o semiabierto, en períodos climáticos carentes de condiciones extremas.

Entre ésta y otras investigaciones paleoecológicas anteriores cabe destacar una diferencia substancial. Las anteriores investigaciones indican la presencia de

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

movimientos o sustituciones paisajísticas durante el Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca, especialmente durante la formación de los niveles de Gran Dolina (García-Antón, 1998; López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al.*, 2002; etc.), mientras que los resultados de nuestro estudio sugieren cierta continuidad a lo largo del período cronológico abarcado. Únicamente se ha detectado, como ya se ha descrito, una apertura general del ambiente a partir de 1 Ma. De este modo, es posible afirmar que las fluctuaciones paisajísticas del bioma de la Sierra de Atapuerca, relacionadas con los cambios climáticos, no se reflejan en los predadores de micromamíferos identificados. Ello podría deberse a la amplitud de los hábitats preferenciales de las rapaces identificadas. Es decir, los hábitat de los predadores son, en general, amplios y suelen estar formados por varios ecosistemas. De este modo, la identificación de un predador permite al investigador distinguir el bioma dominante del sitio estudiado, aunque no permite reconocer las fluctuaciones que realiza cada ecosistema.

Por su parte, las interpretaciones paleoecológicas realizadas en otros yacimientos del Pleistoceno Inferior de la Península Ibérica, como los de la Cuenca de Guadix-Baza (Granada), o Cueva Victoria (Murcia), Incarcal y Vallparadís (Cataluña), indican la existencia de un ecosistema similar (ver capítulo 3). Este ecosistema estaba caracterizado por zonas abiertas o semiabiertas, con bosques semiabiertos, relacionados con importantes y constantes cursos de agua, en un clima predominantemente cálido/templado y húmedo (Buxó, 2003; Galobart, 2003; Galobart y Agustí, 2003; Jiménez-Moreno, 2003; Postigo-Mijarra *et al.*, 2007; Blain *et al.*, 2008; Martínez y García, 2008).

En esta misma línea, diversos yacimientos del Pleistoceno Inferior de Europa, como por ejemplo Dmanisi (Georgia), Süßenborn (Alemania), Saint-Vallier y Lézignan-la-Cèbe (Francia) y Pirro Nord (Italia), sugiere la presencia de un cierto grado de homogeneidad paleoecológica entre ellos. En líneas generales, predominan los bosques semiabiertos más o menos dispersos, bosques de ribera, praderas y masas de agua constantes y/o lagos, aunque también se han identificado ambientes esteparios (Gliozzi *et al.*, 1997; Gabunia *et al.*, 2000a, Guérin *et al.*, 2004; Mourer-Chauviré, 2004; Valli, 2004; Arzarello *et al.*, 2009; Crochet *et al.*, 2009; Messager *et al.*, 2010; entre otros). Las características relativamente cálidas, templadas o interglaciares se detectan en prácticamente la totalidad de los yacimientos estudiados (Fejfar *et al.*, 1997; Gliozzi *et al.*, 1997; Gabunia *et al.*, 2000a, Guérin *et al.*, 2004; Mourer-Chauviré, 2004; Valli, 2004; Arzarello *et al.*, 2009; Crochet *et al.*, 2009; Messager *et al.*, 2010; entre otros).

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

La concentración meridional de gran parte de los yacimientos europeos durante el Pleistoceno Inferior sugiere la presencia de un régimen climático menos duro y más regular en esta zona, aunque ello no significa que dichos territorios estuvieran exentos del frío durante los períodos glaciares más duros. Estas condiciones podrían indicar que la zona meridional funcionó como un refugio en contraposición a lo que ocurre en el Norte, donde las condiciones son más frías y extremas. Sin embargo, se propone que esta área fuese una zona de estasis, es decir un área donde se diese una continuidad de especies y ecosistemas con cierta independencia de la sucesión de cambios ambientales. En este escenario paisajístico y climático, en consonancia con el contexto europeo del Pleistoceno Inferior, debemos situar los yacimientos estudiados.

El carst de la Sierra de Atapuerca ofrece unas condiciones favorables para la conservación de los sedimentos de las asociaciones fósiles registradas. Aunque todas las alteraciones de origen postdeposicional han sido ya descritas y debidamente discutidas en cada una de las visiones diacrónicas de los yacimientos, aquí se realizaran una serie de comparaciones entre los niveles que presentan modificaciones, agentes de alteración o procesos de formación similares.

No obstante, es necesario realizar una puntualización sobre las alteraciones blancas por bacterias. Como se ha descrito en la presente Tesis Doctoral, se ha detectado la presencia de una alteración de la coloración en la superficie de algunos fósiles relacionada con la intervención de bacterias. Estas bacterias afectan, únicamente, a los restos de microvertebrados, por lo que se ha establecido una relación entre su presencia y el proceso de predación de estos taxones. También se ha sugerido que las bacterias podrían haber intervenido con anterioridad a la acumulación en la cavidad, posiblemente durante la permanencia en el nido, puesto que si hubieran estado activas en la cavidad, los restos de macrovertebrados podrían estar alterados. Es necesario anotar que esta alteración aparece en los restos de TE-LRU, de forma especialmente abundante en los niveles inferiores, mientras que su presencia en Gran Dolina no ha sido, a día de hoy, observada. Ello conduce a pensar que la aparición de estas bacterias está relacionada y/o depende, además de la predación, de unas condiciones o características determinadas que se producen durante la formación de los niveles inferiores de Sima del Elefante y no durante la formación de TDE5 y TD6. Estos condicionantes, claves para la aparición de estas bacterias, serían a día de hoy, desconocidos. Así, para afirmar y refutar esta hipótesis es necesario conocer el mecanismo de alteración de las bacterias en los restos de microvertebrados a través de diversas experimentaciones actualistas.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

En las asociaciones de micromamíferos estudiadas ha sido posible describir algunas semejanzas. Todos los restos se producen fuera de la cavidad, aunque existen diferencias en el modo en el que entran en la cueva (transporte hídrico y gravitacional). Asimismo, el proceso de fosilización de todas las asociaciones estudiadas se realizó en unas condiciones microambientales similares, caracterizadas por un ambiente cavernario, con ausencia de luz y una humedad ambiental elevada. No obstante, en los niveles abarcados en esta Tesis se han detectado diversas oscilaciones de la temperatura y humedad, destacando los descensos de humedad en TDE5 techo y TD6-2.

Las similitudes y diferencias entre las alteraciones de los diferentes conjuntos estudiados permiten reunir los niveles en dos grandes grupos, según la aportación mayoritaria de los restos y las condiciones microambientales de la cavidad. Los niveles 9 y 10 de Sima del Elefante presentan similares alteraciones que el nivel TDE5. Cada uno de estos tres niveles presenta óxidos de manganeso, redondeamientos, agrietamientos, concreciones y elementos traslúcidos. Algunos de estos conjuntos también presentan corrosión química y pisoteo (Figura 12.1). En este grupo también se podría incluir el nivel TE11, que, aunque no presenta elevados porcentajes de agrietamientos ni concreciones, podría poseer similares mecanismos de formación que el resto de niveles. Se debe puntualizar que existe la excepción de los manganesos en TE9, que presentan menor representación que los otros niveles. Ello se debe, como se ha explicado con anterioridad (apartado 9.5), a la hipotética reducción de la intervención de los óxidos de manganeso en los niveles donde las bacterias relacionadas con la alteración blanca, hubieran intervenido intensamente. Así pues, esta reducción de los porcentajes del manganeso sería independiente de las condiciones ambientales de la cavidad.

Todas estas alteraciones sugieren que la mayor parte de los restos de micromamífero de TE9, TE10, TE11 y TDE5 se produjeron fuera de la cavidad y fueron transportados por medios hídricos hacia el interior.

En un segundo grupo se aglutinarían los niveles TE12, TD6-3 y TD6-2, que poseen similitudes en el tipo de modificación y el porcentaje de alteración (Figura 12.1). Estos niveles se caracterizan por presentar un menor número de alteraciones y poseer bajos porcentajes de representación (a excepción del óxido de manganeso). Las modificaciones presentes en todos estos niveles son los óxidos de manganeso y los agrietamientos. Los elementos traslúcidos y las concreciones se presentan, únicamente, en los subniveles 3 y 2 de TD6, mientras que TE12 es el único que manifiesta presencia de alteración blanca por bacterias (aunque en muy bajo

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

porcentaje). Todas estas alteraciones se traducen en una producción externa a la cavidad y en una incorporación al sedimento a través de diversas aportaciones de origen gravitacionales. Si bien la fosilización de estos restos se produce en un ambiente mayoritariamente húmedo, las condiciones serían más moderadas que en los otros niveles anteriormente descritos. Asimismo, los diversos cambios de temperatura y humedad experimentados dentro de la cavidad podrían haber sido menos bruscos que los registrados en los niveles TE9-TE11 y TDE5.

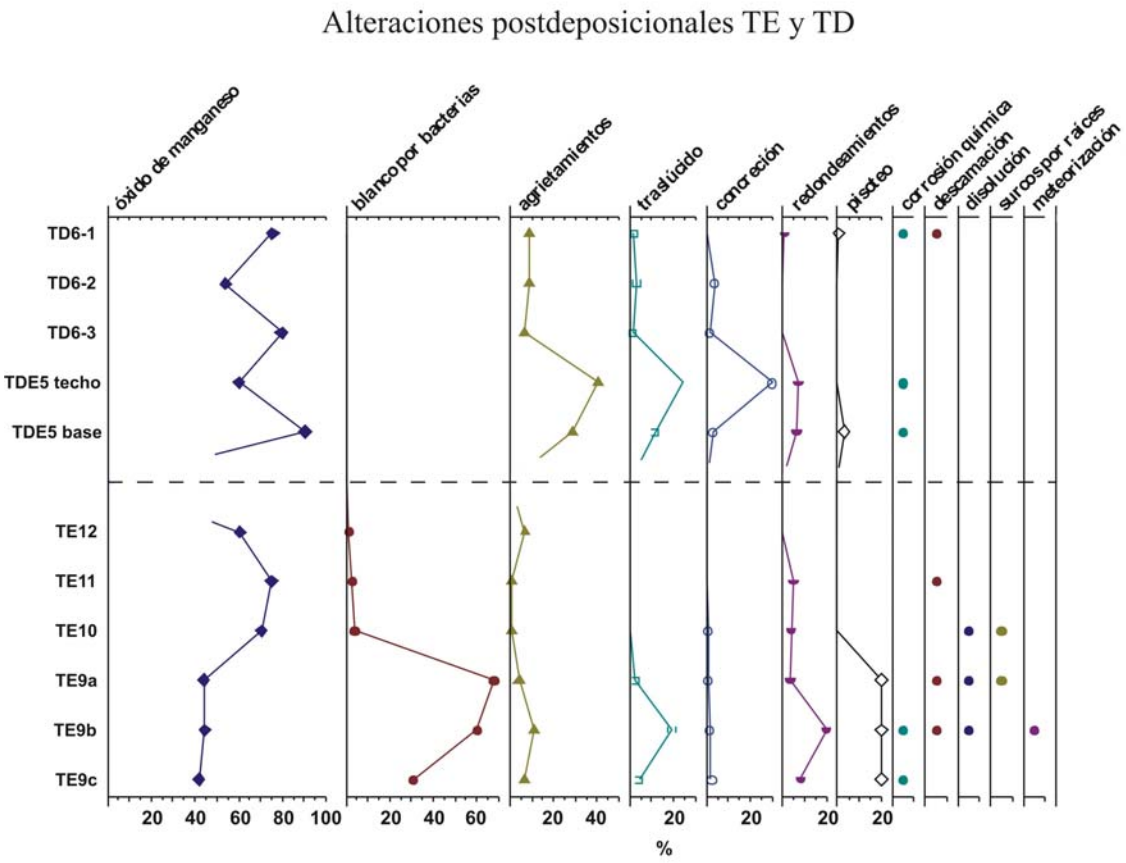

Figura 12.1. Diagrama que resume las alteraciones postdeposicionales de los niveles estudiados de Sima del Elefante y de Gran Dolina.

La identificación de discontinuidades laterales sedimentarias y de elementos de macromamíferos con elevados redondeamientos en TD6-1 permite relacionar las alteraciones observadas en los micromamíferos de TD6-1 con la hipótesis de la reelaboración parcial de restos. De este modo, la presencia en los pequeños mamíferos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL T-1412-2010

de TD6-1 de alteraciones similares a TD6-3 y TD6-2 (aunque en porcentajes ligeramente superiores), y la presencia de pequeños porcentajes de corrosión química, pisoteo y descamación que no aparecen en TD6-3 y TD6-2 indican que parte de los restos del subnivel TD6-1 provienen de la reelaboración de los elementos de TD6-2. Estas características no han sido observadas, a día de hoy, en ningún otro nivel o subnivel de las secuencias estudiadas, permitiendo afirmar que el proceso de reelaboración se ha producido únicamente en TD6-1.

Si bien la presencia cercana de homínidos en la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior se ha registrado en todos los niveles estudiados, a excepción de TE10, únicamente los subniveles TE9c y TD6-2 poseen restos humanos. En estos dos subniveles se han registrado condiciones microambientales diferentes. Mientras en TE9 existía un ambiente caracterizado por un elevado grado de humedad y encharcamiento, en Gran Dolina existían condiciones menos húmedas, especialmente durante la formación de TD6-2. Como hemos visto en el apartado 11.3, las condiciones microambientales favorecen la ocupación en TD6-2. Posiblemente, las condiciones microambientales de TE9 podrían reforzar la hipótesis de que no existiera en este nivel una ocupación de la cavidad, sino que los restos humanos fueron introducidos a través de mecanismos de transporte de diverso carácter.

Con todos los datos descritos y discutidos en esta Tesis se ha identificado un mosaico de ecosistemas que permitiría a los taxones de la Sierra, independientemente del nicho ecológico que ocupasen, hallar una gran abundancia y diversidad de recursos alimenticios. Esta diversidad también fue aprovechada por los diferentes grupos humanos a lo largo de la historia, puesto que su presencia en la Sierra de Atapuerca es constante desde el Pleistoceno Inferior (1,3 Ma.) hasta el Holoceno. Sin embargo, no todas las cavidades poseerían las condiciones más idóneas para la ocupación o presencia de estos homínidos. Así, el elevado grado de humedad detectado en la fase inferior de Sima del Elefante y en TDE5 no favorecería la ocupación de manera más o menos sistemática de estas cavidades durante la formación de estos niveles. Por el contrario, en nivel TD6, cuya formación está posiblemente relacionada con una pulsación especialmente cálida (MIS 21, Cuenca-Bescós y García, 2007; Bermúdez de Castro *et al.*, 2008), se detecta un descenso de la humedad de la cavidad, mejorando las condiciones de habitabilidad de la misma. Estas condiciones parecen ser especialmente óptimas en TD6-2, coincidiendo con el desarrollo de la ocupación humana más intensiva del nivel. Ello permite afirmar que los grupos humanos ocuparon las cavidades en los momentos óptimos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 13

Conclusiones

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

El estudio tafonómico de los micromamíferos de los yacimientos Sima del Elefante y Gran Dolina permite enumerar una serie de conclusiones en este apartado. Algunas de ellas ya aparecen descritas en los apartados dedicados a las interpretaciones y secuencias tafonómicas de cada nivel y en las discusiones diacrónicas de cada yacimiento.

En lo que respecta a Sima del Elefante se puede concluir que:

- El origen de los fósiles de micromamíferos de los niveles TE9, TE10, TE11 y TE12 está relacionado con la predación. En el nivel TE14 no se ha podido especificar el agente acumulador de los restos, aunque probablemente esté relacionado con la existencia de una trampa natural.
- Los predadores mayoritarios de la secuencia de TE-LRU son el cárabo común en los niveles inferiores (TE9c, TE9a y TE10) y el Búho real en los superiores (TE11 y TE12). Además, en el subnivel TE9b se ha identificado una mezcla de predadores basándonos en los criterios de

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

identificación de mezclas extraídos de la experimentación realizada. En el nivel TE9a se ha detectado la intervención esporádica de otro predador adicional: *Beremendia fissidens*.

- Las especies rapaces identificadas poseen hábitos oportunistas, por lo que sus concentraciones pueden ser consideradas un reflejo de la representación de las especies existentes en el ecosistema. Ello facilita las interpretaciones paleoecológicas basadas en la abundancia relativa de los taxones de micromamíferos.
- El momento de formación de TE-LRU, las inmediaciones de la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior (1,3-1 Ma.) presentaba un bioma de bosque de ribera semiabierto o grandes extensiones de agua más o menos permanentes, con praderas abiertas cercanas.
- En general, las interpretaciones realizadas en base a los predadores, sugieren una cierta continuidad paleoambiental en toda la fase.
- Los pequeños porcentajes de alteración por raíces de plantas y por exposición subaérea indican que el origen de los restos de micromamíferos es mayoritariamente exocárstico.
- La aportación hacia el interior de la cavidad está relacionada con diversos aportes mecánicos. Estos aportes tienen un carácter hídrico en los niveles inferiores (especialmente constantes en TE9) y gravitacional en el nivel TE12.
- Para permitir la entrada de estas coladas, la cavidad debía estar parcialmente abierta. Sin embargo, esta entrada no permitiría el saneamiento de la cavidad.
- En los niveles inferiores de TE-LRU se ha detectado una alteración blanca producida por la acción bacteriana. Posiblemente, esta actividad se lleva a cabo con anterioridad a la deposición dentro de la cavidad. Además, a lo largo de esta Tesis, se ha podido establecer una relación de presencia/ausencia inversa entre la aparición de las alteraciones blancas por bacterias y los óxidos de manganeso.
- En relación al origen del talud de los niveles inferiores, los aportes hídricos identificados en los micromamíferos contribuyen a apoyar la hipótesis que sugiere un colapso de las unidades inferiores y posterior deformación de las unidades superiores (discordancia secundaria).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

- El ambiente endocárstico característico de estas asociaciones de micromamíferos es de una elevada humedad y encharcamiento, especialmente importantes en los niveles inferiores de TE-LRU.
- Estas condiciones no favorecieron la ocupación de la cavidad por parte de los homínidos que habitaban en las inmediaciones de la Sierra de Atapuerca, al menos durante la formación de los niveles TE9 y TE10.
- Cada una de las asociaciones estudiadas están resedimentadas.

En cuanto a los niveles estudiados de Gran Dolina se concluye que:

- Los restos de micromamíferos fósiles de todos los subniveles estudiados son fruto de la predación.
- La especie predadora mayoritaria de los niveles TDE5 base, TD6-3 y TD6-1 es el búho real, mientras que TDE5 techo se ha identificado al búho chico y en TD6-2 al cernícalo común.
- Algunos de estos predadores identificados poseen hábitos de caza selectivo (el búho chico -TDE5 techo- y el cernícalo común -TD6-2-), sugiriendo un sesgo en la representación de las presas consumidas.
- Según estos predadores de micromamíferos, el hábitat de la Sierra de Atapuerca entre 950 y 800 ka. estaba formado por un mosaico paisajístico formado por zonas forestales semiabiertas o abiertas, con áreas abiertas o praderas cercanas a ellas y roquedos con vegetación dispersa.
- Estas interpretaciones en base a las rapaces identificadas sugieren una continuidad paleoambiental en los niveles estudiados.
- No se ha detectado ningún indicio que sugiera que la producción de los restos fuera en el interior de la cavidad.
- La entrada e incorporación de los fósiles de micromamíferos al sedimento están relacionadas con los diversos aportes de carácter hídrico (nivel TDE5) y gravitacionales (TD6). La aportación gravitacional podría realizarse por una diaclasa en la zona sureste de la cavidad, ya sugerida en trabajos anteriores.
- Las modificaciones postdeposicionales indican un ambiente cavernario durante la fosilización de los restos de TDE5, caracterizado por un elevado

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5[illegible]

grado de humedad y la escasez de luz. Aunque estas características también se han observado en TD6, cabe destacar un menor grado de humedad, posiblemente relacionado con la apertura de la cavidad y/o la entrada de luz.

- El nivel TD6 presenta mejores condiciones de habitabilidad que TDE5. El subnivel TD6-2 presenta unas condiciones óptimas para ser el escenario de las actividades de los grupos humanos que habitaban en la Sierra de Atapuerca entre 800 y 900 ka.
- Las asociaciones de TDE5 y de los subniveles 3 y 2 de TD6 están resedimentadas.
- Parte de los elementos de micromamíferos del subnivel TD6-1 provienen de la reelaboración de los restos de TD6-2.

De este modo, y de la comparación de los resultados de ambos yacimientos, se pueden extraer las siguientes conclusiones generales de esta Tesis:

- Existe cierta continuidad en el bioma de la Sierra de Atapuerca entre 1,3 y 0,78 Ma. inferido a través de los predadores de micromamíferos. Este bioma estaba constituido por bosque semiabierto, posiblemente de ribera, zonas de praderas abiertas y grandes extensiones de agua más o menos permanentes en las inmediaciones. No obstante se ha detectado una evolución del ecosistema boscoso más cercano a los yacimientos hacia zonas más abiertas alrededor de 1 Ma.
- La Sierra de Atapuerca y la Península Ibérica en general se hallaría en un área de estasis que comprendería la zona meridional de Europa. Esta área se caracterizaría por poseer unas condiciones climáticas menos rigurosas y extremas que la zona del norte de Europa, de una forma más o menos continua durante el Pleistoceno Inferior.
- Las principales características del tafosistema cárstico de ambos yacimientos son el elevado grado de humedad y la escasez de luz. No obstante, se han detectado diversas oscilaciones, de entre las que cabe destacar, por ser la más pronunciada, la observada en TD6-2. Coincidiendo con este período de menor humedad ambiental, los homínidos realizan una ocupación en la cavidad.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 14

Propuestas de futuro

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Una vez se redacta este capítulo de la Tesis Doctoral es cuando se considera que se han alcanzado los objetivos marcados en un inicio y que ha sido posible contrastar o refutar las hipótesis de trabajo que se plantearon. Sin embargo, llegar a la redacción de este capítulo no significa necesariamente dar por finalizada la investigación. En ocasiones como esta, significa abrir otras líneas o plantearse nuevos temas y preguntas surgidas a partir de las necesidades observadas a lo largo del trabajo realizado.

En general, y como propuestas de futuro principales, se podrían identificar dos sublíneas de investigación a seguir. Por un lado, comparar los datos aportados por el estudio tafonómico de los micromamíferos con los extraídos del estudio tafonómico de la macrofauna, en trabajos conjuntos. De este modo será posible establecer las condiciones microambientales generadas durante el proceso de formación y fosilización de los depósitos con mayor precisión. Por otro, estudiar y observar los resultados paleoecológicos surgidos de la aplicación de los estudios tafonómicos en micromamíferos de otros yacimientos del Pleistoceno Inferior de la Península Ibérica,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5[illegible]

así como de otros yacimientos de la zona meridional europea. De este modo, se podrán realizar comparaciones con las conclusiones resultantes de esta Tesis Doctoral.

Además, en un futuro se debería:

1. Profundizar en el conocimiento de la alteración blanca por bacterias e identificar los diversos factores o circunstancias que condicionan su aparición en unas asociaciones determinadas.

2. Profundizar en el estudio de la alteración traslúcida, posiblemente relacionada con la diagénesis del hueso y diente.

3. Realizar análisis tafonómicos de los lepóridos de la fase inferior de Sima del Elefante e identificar la relación existente con la predación y las asociaciones de micromamíferos.

4. Realizar estudios tafonómicos en los micromamíferos de la zona oeste de TD6-1 con la finalidad de observar si existe continuidad lateral en el proceso de reelaboración de restos observado en la zona este.

5. Realizar trabajos experimentales de las alteraciones producidas por los agentes postdeposicionales, con especial atención a las variaciones en el grado, tipo y morfología de la fractura. Actualmente se está llevando a cabo una experimentación relacionada con la fractura y deformación de restos de micromamíferos por los cambios sedimentarios. La finalidad de esta experimentación es la observación de las alteraciones en restos de micromamíferos surgidas a medio y largo plazo por los procesos de argiloturbación (contracción y expansión de arcillas) y de presión de sedimentos.

6. Profundizar en la experimentación con mezclas de predadores, incluyendo y combinando nuevos predadores con diversos grados de alteración y variando los tamaños de cada aportación. De esta manera se podrían conocer mejor los conjuntos surgidos de mezclas en otro tipo de variables igualmente importantes de las tratadas en esta experiencia.

7. En este volumen se han incluido unas modificaciones metodológicas para analizar la fractura de las muestras estudiadas. Estas modificaciones han obtenido menores resultados de los esperados. No obstante, para consolidar o refutar dichas modificaciones metodológicas se observarán las tipologías de fractura establecidas en conjunto de predadores actuales, evaluando el tipo y el valor de información que aportan.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capítulo 15

Bibliografía

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

a

Agenbroad, L. D. (1989). Spiral fractured mammoth bone from nonhuman taphonomic processes at hot spings Mammoth Site. En: Bone Modification. (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans**:** 139-148.

Aguirre, E. (1999). Molar inmaduro de mamut en Gran Dolina (Atapuerca, Burgos). *Revista Española de Paleontología*, **nº ext**.: 135-142.

Aguirre, E. y Lumley de, M. A. (1977). Fossil men from Atapuerca, Spain: their bearing on human evolution in the Middle Pleistocene. *Journal of Human Evolution*, **6**: 681-688.

Aguirre, E. y Pasini, G. (1985). The Pliocene-Pleistocene boundary. *Episodes*, **8**: 116-120.

Aguirre, E.; Basabe, J. M. y Torres, T. J. (1976). Los fósiles humanos de Atapuerca (Burgos): nota preliminar. *Zephyrus*, **26-27**: 489-512.

Agustí, J. (1982). Los roedores (Mammalia) del Pleistoceno Inferior de Cueva Victoria. *Endins*, **9**: 49-55.

Agustí, J. (1986). Nouvelles espèces de Cricetidés vicariantes dans le Turolien moyen de Fortuna (Prov. Murcia, Espagne). *Geobios*, **19**: 5-11.

Agustí, J. y Moyà-Solà, S. (1991). Les faunes de mammifères du Pléistocène inférieur et moyen de l'Espagne: implications biostratigraphiques. *L'Anthropologie*, **95** (16): 753-764.

Agustí, J. y Moyà-Solà, S. (1992). Mammalian dispersal events in the spanish Pleistocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **153**: 69-77.

Agustí, J. y Madurell, J. (2003). Los arvicólidos (Muroidea, Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno Inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3 (Orce, Granada). En: El Pleistoceno Inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada). (I. Toro, J. Agustí, B. Martínez-Navarro, Eds.), Arqueología Monografías, **17**: 105-114.

Agustí, J.; Blain, H. A.; Cuenca-Bescós, G. y Bailon, S. (2009) Climate forcing of first hominid dispersal in Western Europe. *Journal of Human Evolution*, **57**: 815–821

Agustí, J.; Blain, H. A.; Furió, M.; De Marfá, R.; Santos-Cubedo A. (en prensa). The Early Pleistocene small vertebrate succession from the Orce region (Guadix-Baza Basin, SE Spain) and its bearing on the first human occupation of Europe. *Quaternary International*.

Agustí, J.; Cabrera, L.; Garcés, M. y Parés, J. M. (1997a). The Vallesian mammal succession in the Vallès- Penedès basin (northeast Spain): Paleomagnetic calibration and correlation with global events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **133**: 149-180.

Agustí, J.; Moyà-Solà, S.; Martín-Suárez, E. y Marín, M. (1987a). Faunas de mamíferos en el Pleistoceno Inferior de la región de Orce (Granada, España). *Paleontología i Evolució*, **memoria especial 1**: 73-86.

Agustí, J.; Moyà-Solà, S. y Pons-Moyà, J. (1987b). La sucesión de mamíferos en el Pleistoceno Inferior en Europa: proposición de una nueva escala bioestratigráfica. *Paleontologia i Evolució*, **memoria especial 1**: 287-295.

Agustí, J.; Oms, O.; Garcés, M. y Parés, J. M. (1997b). Calibration of the late Pliocene-early Pleistocene transition in the continental beds of the Guadix-Baza basin (southeastern Spain). *Quaternary International*, **40**: 93-100.

Alba, D. M.; Moyà-Solà, S.; Madurell, J. y Aurell, P. (2008). Dentognathic remains of *Macaca* (Primates, Cercopithecidae) from the late early Pleistocene of Terrassa (Catalonia, Spain). *Journal of Human Evolution*, **55** (6): 1160-1163.

Alcalde, G.; Agustí, J. y Villalta (1981). Un nuevo *Allophaiomys* (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) en el Pleistoceno Inferior del SE de España. *Acta Geológica Hispánica*, **16** (4): 203-205

Alcover, J. A. y McMinn, M. (1992). Presència de l'àguila marina *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus 1758) al jaciment espeleològic quaternari d'Es Pouàs (Sant Antoni de Portmany, Eivissa). *Endins*, **17/18**: 81-87.

Allison, P. A. y Briggs, D. E. G. (1991). Taphonomy of nonmineralized tissues. En: Taphonomy: Releasing the data locked in the fossil record (P. A. Allison y D. E. G. Briggs, Eds.). Plenum Press, **9**: 25-70.

Andrews, P. (1983). Small mammal faunal diversity at Olduvai Gorge, Tanzania. *Animals and Archaeology: 1. Hunters and their Prey*, **163**: 77-85.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Andrews, P. (1990). Olws, caves and fossils. Predation, preservation and accumulation of small mammal bones in caves, with an analysis of the Pleistocene cave faunas from Westbury-sub-Mendip, Somerset, UK. Natural History Museum Publications, London, 231 pp.

Andrews, P. (1995). Experiments in taphonomy. *Journal of Archaelogical Science*, **22**: 147-153.

Andrews, P. (1997). What taphonomy can and cannot tell us. *Cuadernos de Geología Ibérica*, **23:** 53-72.

Andrews, P. y Cook, J. (1985). Natural modifications to bones in a temperate setting. *Man*, **20**: 675 -691.

Andrews, P. y Evans, E. M. (1983). Small mammal bone accumulations produced by mammalian carnivores. *Paleobiology*, **9** (3): 289-307.

Andrews, P. y Fernandez-Jalvo, Y. (1997). Surface modifications of the Sima de los Huesos fossil humans. *Journal of Human Evolution*, **33** (2-3): 191-217.

Andrews, P. y Ghaleb, B. (1999). Taphonomy of the Westbury Cave bone assemblages. En: Westbury Cave. The Natural History Museum Excavations (1976-1984). (P. Andrews, J. Cook, A. Currant y C. Stringer, Eds.), Western Academic & Specialist Press Limited: 89-126.

Andrews, P. y Whybrow, P. (2005). Taphonomic observations on a camel skeleton in a desert environment in Abu Dhabi. *Palaeontologia Electronica*, **8** (1): 1-17.

Angelucci, D.; Boschian, G.; Fontanals, M.; Pedrotti, A. y Vergès, J. M. (2009). Shepherds and karst: the use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic. *World Archaeology*, **41** (2): 191-214.

Araujo, J. (1970). Datos sobre la alimentación y ecología de *Asio otus*. *Ardeola*, **49** (2): 112-120

Araujo, J.; Rey, J.M.; Landin, A. y Moreno, A. (1973). Contribución al estudio del Búho chico (*Asio otus*) en España. *Ardeola*, **19**: 317-428.

Armour-Chelu, M. y Andrews, P. (1994). Some effects of bioturbation by earthworms (Oligochaeta) on archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, **21** (4): 433-443.

Arribas, A. y Palmqvist, P. (1998). Taphonomy and palaeoecology of an assemblage of large mammals: Hyaenid activity in the Lower Pleistocene site at Venta Micena (Orce, Guadix-Baza Basin, Granada, Spain). *Geobios*, **31** (Supplement 3): 3-47.

Arrizabalaga, A.; Montagud, E. y Gosàlbez, J. (1986). Introducció a la biologia i zoogeografia dels petits mamífers (insectívors i rosegadors) del Montseny (Catalunya). Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica, Barcelona, 113 pp.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Arsuaga, J. L.; Martínez, I.; Gracia, A.; Carretero, J. M.; Lorenzo, C.; García, N. y Ortega, A. I. (1997). Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). The site. *Journal of Human Evolution*, **33** (2-3): 109-127.

Arsuaga, J. L.; Martínez, I.; Gracia, A.; Carretero, J.M. y Carbonell, E. (1993). Three new human skulls from the Sima de los Huesos middle Pleistocene site in Sierra de Atapuerca, Spain. *Nature*, **362**: 534-537.

Arsuaga, J.L.; García A.; Lorenzo C.; Martínez I. y Pérez P.J. (1999). Estudio arqueológico de los restos de macrovertebrados de la unidad GIII de Galería (Sierra de Atapuerca) En: Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoecología del Yacimiento de Galería. (E. Carbonell, A. Rosas y J.C. Díez, Eds.) Junta de Castilla y León: 233-235.

Arzarello, M.; Marcolini, F.; Pavia, G.; Pavia, M.; Petronio, C.; Petrucci, M.; Rook, L. y Sardella, R. (2009). L'industrie lithique du site Pléistocène Inférieur de Pirro Nord (Apricena, Italie du sud): une occupation humaine entre 1,3 et 1,7 Ma. *L'Anthropologie*, **113** (1): 47-58.

Arzarello, M.; Marcolini, F.; Pavia, G.; Pavia, M.; Petronio, C.; Petrucci, M.; Rook, L. y Sardella, R. (2007). Evidenceof earliest human occurrence in Europe: the site of Pirro Nord (Southern Italy). *Naturwissenschaften*, **94**: 107-112.

Ascenzi, A. y Silvestrini, G. (1984). Bone-boring marine micro-organisms: an experimental investigation. *Journal of Human Evolution*, **13**: 531-536.

Ascenzi, A.; Biddittu, I.; Cassoli, P. F.; Segre, A. G.; Segre Naldini, E. (1996). A calvarium of late *Homo erectus* from Ceprano, Italy. *Journal of Human Evolution*, **31**: 409-423.

Ascenzi, A.; Mallegni, F.; Manzi, G.; Segre, A. G. y Segre Naldini, E. (2000). A re-appraisal of Ceprano calvaria affinities with *Homo erectus*, after the new reconstruction. *Journal of Human Evolution*, **39**: 443-450.

Avery, D. M. (1982). The micromammalian fauna from Border Cave, Kwazulu, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, **9** (2): 187-204.

Avery, D. M. (1998). An assessment of the lower Pleistocene micromammalian fauna from Swartkrans Members 1-3, Gauteng, South Africa. *Geobios*, **31** (3): 393-414.

Avery, D. M. (2001). The Plio-Pleistocene vegetation and climatic of Sterkfontein and Swartkrans, South Africa, based on micromammals. *Journal of Human Evolution*, **41** (2): 113-132.

Avery, D. M. (2002). Taphonomy of micromammals from cave deposits at Kabwe (Broken Hill) and Twin Rivers in Central Zambia. *Journal of Archaeological Science*, **29**: 537-544.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Avery, D. M. (2003). Early and Middle Pleistocene environments and hominid biogeography; micromammalian evidence from Kabwe, Twin Rivers and Mumbwa Caves in central Zambia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **189**: 55-69.

Azzaroli, A.; de Giuli, G.; Ficcarelli, G. y Torre, D. (1988). Late Pliocene to early mid-Pleistocene mammals in Eurasia: faunal succession and dispersal events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **66**: 77-100.

b

Bailon, S. (1993). Quelques exemples de la consommation d'anphibiens à travers le temps. En: Explotation des animaux sauvages à travers le temps. XIIIe Rencontres internationales d'archéologie et d'Histoire d'Antibes. (J. Desse i F. Audoin-Rouzeau, Eds.), Editions APDCA : 319-326

Bailon, S. (1999). Différenciation ostéologique des anoures (Amphibia, Anura) de France. En: Fiches d'ostéologie animal pour l'archéologie. (J. Desse y N. Desse-Berset, Eds.), Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, **1**: 3-41.

Balgooyent, G. (1971). Pellet regurgitation by captive Sparrow Hawks *(Falco sparverius). Condor*, **73**: 382-385.

Bardají, T.; Zazo, C. y Goy, J. L. (2004). El límite Plioceno-Pleistoceno. En: Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre. Geología, (E. Baquedano y S. Rubio, Ed.). Zona Arqueológica, Museo Arqueológico Regional, Museo Arqueológico Regional, **1**: 20-31.

Bardají, T; Goy, J. L. y Zazo, C. (2000). El Límite Plio-Pleistoceno: un debate todavía abierto. *Revista Cuaternario y Geología*, **14** (1-2): 77-92.

Baud, C. A. y Lacotte, D. (1984). Etude au microscope électronique à transmission de la colonisation bactérienne de l'os mort. *Comptes rendu de l'Académie des Sciences*, **298** (11): 507–510.

Bauman, A. J. (1976). Desert varnish and marine ferro-manganese oxide nodules: congeneric phenomena. *Nature*, **259**: 387-388.

Begon, M.; Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1990). Ecology. Individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1047 pp.

Behrensmeyer, A. K. (1975). The taphonomy and paleoecology of Plio-Pleistocene vertebrate assemblages east of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, **146**: 476-578.

Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, **4** (2): 150-62.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Behrensmeyer, A. K.; Gordon, K. D. y Yanagi, G. T. (1986). Trampling as a cause of bone surface damage and pseudocutmarks. *Nature*, **319**: 768-771.

Bell, L. S.; Boyde, A. y Jones, S. J. (1991). Diagenetic alteration to teeth in situ illustrated by backscattered electron imaging. *Scanning*, **13**: 173–183.

Bell, L. S.; Skinner, M. F. y Jones, S. J. (1996). The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. *Forensic Science International*, **82** (2): 129–140.

Benito, A. (2004). Análisis geomorfológico y reconstrucción de paleopaisajes neógenos y cuaternarios en la Sierra de Atapuerca y el Valle del río Arlanzón. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.

Benito, A. y Pérez González, A. (2002). Análisis geomorfológico de la Sierra de Atapuerca y del Valle del río Arlanzón (provincia de Burgos). En: Aportaciones a la geomorfología de España en el inicio del tercer milenio (A. Pérez-González, J. Vegas y M. J. Machado, Eds.), Universidad Complutense de Madrid: 373-383.

Bennàsar, M. (2008). Taphonomie de micromammifères. Application méthodologique à un ensemble moderne de petits mammifères. En: Museologia scientifica e naturalistica (C. Buosanto, M. Arzarello, y C. Peretto, Eds.), Annali Dell'Università di Ferrara, **Volume Speciale (2008)**: 21-26.

Bennàsar, M.; Cáceres, I.; Cuenca-Bescós, G. y Rofes, J. (2009). Toothmarks on micromammals remains from level TE9 of Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Taphonomy*, **7** (2-3): 109-120.

Bennàsar, M.; López-García, J. M.; Blain, H. A.; Vergés, J. M. y Fontanals, M. (en preparación). Small mammal taphonomy of Cueva del Mirador 5 (Sierra de Atapuerca, Burgos).

Bennett, K. D. y Provan, J. (2008). What do we mean by "refugia"?. *Quaternary Science Reviews*, **27** (27-28): 2449-2455.

Berástegui, X.; Casanovas, J. y Moyà, S. (2000). El jaciment paleontològic de Cal Guardiola. Una finestra oberta al Plistocè Inferior de Catalunya. Contextualització geològica. *Tribuna d'Arqueologia*, **1997–1998**: 255–277.

Berger, G. W.; Pérez-González, A.; Carbonell, E.; Arsuaga, J. L.; Bermúdez de Castro, J. M. y Ku, T. L. (2008). Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, **55** (2): 300-311.

Bermúdez de Castro, J. M.; Arsuaga, J. L.; Carbonell, E.; Rosas, A.; Martínez, I. y Mosquera, M. (1997). A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: Possible ancestor to Neandertals and Modern Humans. *Science*, **276**: 1392-1333.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Bermúdez de Castro, J. M.; Carbonell, E.; Gómez, A.; Mateos, A.; Martinón-Torres, M.; Muela, A.; Rodríguez, J. M; Sarmiento, S. y Varela, S. (2006). Paleodemografía del hipodigma de fósiles de homininos del nivel TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos): estudio preliminar. *Estudios Geológicos*, **62** (1): 145-154.

Bermúdez de Castro, J. M.; Martinón-Torres, M.; Lozano, M.; Sarmiento, S. y Muela, A. (2004). Palaeodemography of the Atapuerca-SH hominin sample: a revisión and new approaches to the palaeodemography of the European Middle Pleistocene population. *Journal of Anthropology research*, **60**: 5-26.

Bermúdez de Castro, J. M.; Martinón-Torres, M.; Robles, A. G.; Prado, L. and Carbonell, E. (en prensa). New human evidence of the Early Pleistocene settlement of Europe, from Sima del Elefante site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International*.

Bermúdez de Castro, J. M.; Pérez-González, A.; Martinón-Torres, M.; Gómez-Robles, A.; Rossell, J.; Prado, L.; Sarmiento, S. y Carbonell, E. (2008). A new early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Journal of Human Evolution*, **55** (4): 729-735.

Bermúdez de Castro, J. M.; Rosas, A. y Nicolás, M. E. (1999). Dental remains from Atapuerca-TD6 (Gran Dolina site, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 523-566

Binford, L. R. (1981). Bones. Ancient Men and modern myths. Academic Press, New York, 320 pp.

Binford, L. R. y Stone, N. M. (1986). Zhoukoudian: A Closer Look. *Current Anthropology*, **27** (5): 453-475.

Bischoff, J. L.; Fitzpatrick, J. A.; León, L.; Arsuaga, J. L.; Falguéres, C.; Bahain, J. J. y Bullen, T. (1997). Geology and preliminary dating of the hominid-bearing sedimentary fill of the Sima de los Huesos Chamber, Cueva Mayor of the Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain. *Journal of Human Evolution*, **33**: 129-154.

Bischoff, J. L.; Shamp, D. D.; Aramburu, A.; Arsuaga, J. L.; Carbonell, E. y Bermúdez de Castro, J. M. (2003). The Sima de los Huesos hominids date to beyond U/Th equilibrium (>350 Kyr) and perhaps to 400-500 Kyr: new radiometric dates. *Journal of Archaeological Science*, **30**: 275-280.

Bischoff, J. L.; Williams, R.; Rosenbauer, R.; Aramburu, A.; Arsuaga, J. L.; García, N. y Cuenca-Bescós, G. (2007). High-resolution U-series dates from the Sima de los Huesos hominids yields 600 + kyrs: implications for the evolution of the early Neanderthal lineage. *Journal of Archaeological Science*, **34**: 763-770.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Blain, H. A. (2003). Los anfibios y reptiles de los yacimientos del Pleistoceno Inferior de Barranco León y Fuente Nueva-3 (Orce, Granada, España). En: El Pleistoceno Inferior de Barranco León y de Fuente Nueva 3, Orce (Granada), (I. Toro, J. Agustí y B. Martínez-Navarro, Eds.). *Arqueología Monografías,* **17**: 159-172.

Blain, H. A. (2005). Contribution de la paléoherpétofaune (Amphibia y Squamata) à la connaissance de l'évolution du climat et du paysage du Pliocène supérieur au Pléistocène moyen d'Espagne. Tesis Doctoral, Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.

Blain, H. A.; Bailon, M. y Agustí, J. (2008a). Amphibians and squamate reptiles from the latest early Pleistocene of Cueva Victoria (Murcia, southeastern Spain, SW Mediterranean): Paleobiogeographic and paleoclimatic implications *Geologica Acta*, **6** (4): 345-361.

Blain, H. A.; Bailon, S. y Cuenca-Bescós, G. (2008b). The Early –Middle Pleistocen palaeoenvironmental change based on the squamate reptile and amphibian proxies at the Gran Dolina site, Atapuerca, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **261**: 177-192.

Blain, H. A.; Bailon, S.; Agustí, J.; Martínez-Navarro, B. y Toro, I. (en prensa) Reconstructing the paleoenvironmental and paleoclimatic context of the early Pleistocene hominid settlement in Western Europe: the amphibians and reptiles from Barranco León D and Fuente Nueva 3 (Granada, SE Spain). *Quaternary International*.

Blain, H.A.; Bailon, S.; Cuenca-Bescós, G.; Arsuaga, J.L.; Bermúdez de Castro, J.M. y Carbonell, E. (2009) Long-term climate record inferred from Early-Middle Pleistocen amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina Cave, Atapauerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, **56**: 55-65

Blasco Sancho, M. F. (1992). Tafonomía y Prehistoria: Métodos y procedimientos de investigación. Universidad de Zaragoza: Monografías arqueológicas nº36, Zaragoza, 254 pp.

Blasco, R. y Fernández-Peris, J. (2009). Middle Pleistocene bird consumption at Level XI of Bolomor Cave. *Journal of Archaeological Science*, **36**: 2213-2223.

Blasco, R.; Rosell, J.; Fernandez Peris, J.; Caceres, I. y Verges, J. M. (2008). A new element of trampling: an experimental application on the Level XII faunal record of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Journal of Archaeological Science*, **35** (6): 1605-1618.

Blondel, J. (1967). Réflexions sur les rapports entre prédateurs et proies de les Rapaces. 1. Les effects de la prédation sur la populations des proies. *Terre el Vie*, **67**: 5-32.

Blumenschine, R. J. (1988). An experimetnal model of the timing of hominid and carnivore influence on archaeological bone assemblages. *Journal of Archaeological Science*, **15**: 483-502.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Blumenschine, R. J. y Selvaggio, M. M. (1988). Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behaviour. *Nature*, **333** (6175): 763-5.

Bochenski, Z. M. (1997). Preliminary taphonomic studies on damage to bird bones by Snowy Owls *Nyctea scandiaca*, with comments on the survival of bones in palaeontological sites. *Acta Zoologica Cracoviensia*, **40** (2): 279-292.

Bochenski, Z. M. y Tomek, T. (1994). Patterns of bird bone fragmentation in pellets of the Long-eared Owl *Asio otus* and its taphonomic implications. *Acta Zoologica Cracoviensia*, **37** (1):177-190.

Bochenski, Z. M. y Tomek, T. (1997). Preservation of bird bones: erosion versus digestion by Owls. *International Journal of Osteoarchaeology*, **7**: 372-387.

Bochenski, Z. M.; Huhtala, K.; Jussila, P.; Pulliainen, E.; Tornberg, R. y Tunkkari P. S. (1998). Damage to bird bones in pellets of Gyrfalcon *Falco rusticolus*. *Journal of Archaeological Science*, **25**: 425-433.

Bochenski, Z. M.; Tomek, T.; Boev, Z. y Mitev, I. (1993). Patterns of bird bone fragmentation in pellets of the Tawny Owl (*Strix aluco*) and the Eagle Owl (*Bubo bubo*) and their taphonomic implications. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 36 (2): 313-328.

Bodén, P. (1988). Epipsammic diatoms as borers: an observation on calcareous and grains. *Sedimentary Geology*, **59**: 143-147.

Bonifay, E. (1991). Les premières industries du sud-est de la France et du Massif-Central. Les premiers européens. En: Actes du 114è congrès national des sociétes savantes (Paris, 3-9 avril 1989), (E. Bonifay y B. Vandermeersch, Eds.), Comité des travaux historiques et scientifiques : 63-80

Bonifay, E. y Bonifay, M.-F. (1981). Le gisement préhistorique de Soleilhac (Blanzac, Haute-Loire). En: Le bassin du Puy aux temps préhistoriques (M. F. Bonifay, Ed.), Musée Crozatier: 19-35.

Bonifay, E. y Mergoil, J. (1988). Les maars de Soleilhac (Blanzac, Hute-Loire) et leurs séries volcanos-sédimentaires. *Comptes Renduus du l'Academie de Sciences de Paris*, **307** (Serie II): 1561-1566.

Bouchez, R.; Lopez Carranza, E.; Ma, J.L.; Amossé, J.; Piboule, M. y Cornu, A. (1983). Datation par résonance paramagnétique électronique d'émail dentaire fossile provenant des sites d'Ayusbamba, Pérou, de Saint-Vallier et de la Caune de l'Arago (France). 1er Symposium International d'Archéologie africaine et Sciences de la Nature appliquées a l'Archéologie, Bordeaux, *Revue Archéométrie*, **8**: 70-79.

Bouliere, F. (1975). Mammals, small and large: the ecological implications of size. En: Small mammals: their productivity and population dynamics. (F.B. Golley, K. Petrusewicz y L. Ryszkowski, Eds.), Cambridge University Press: 1–8.

Bower, J. R. F.; Gifford, D. P., y Livingston, D. (1985): Excavations at the Loiyangalani Site, Serengeti National Park, Tanzania. *National Geographic Society Research Reports,* **20**: 41-56.

Bracco, J. P. (1991). Typologie, technologie et matières premières des industries du très ancien paléolithique en Velay (Massif-Central, France). En: Les Premiers Européens. (E. Bonifay y B. Vandermeersch, Ed.), Comité des travaux historiques et científiques**:** 93-100.

Brain, C. K. (1967). Hottentot food remains and their bearing on the interpretation of fossil bone assemblages. *Scientific papers of the Namib Desert Research Insitutute*, **32**: 1-11.

Brain, C. K. (1980). Some Criteria for the Recognition of Bone- Collecting Agencies in African Caves. En: Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology. (A Behrensmeyer, y A. P. Hill, Eds.), University of Chicago: 108 -130.

Brain, C. K. (1981). The Hunters or the Hunted?. An Introduction to African Cave Taphonomy. University of Chicago Press, Chicago, 376 pp.

Bräuer, G. y Schultz, M. (1996). Morphological affi nities of the Plio-Pleistocene mandible from Dmanisi, Georgia. *Journal of Human Evolution,* **30**: 445-481.

Breuil, H. (1933). Les pintures rupestres schematiques de la Peninsule Iberique I-IV, Lagny.

Breuil, H. y Obermaier, H. (1913). Les pemières travaux de l'Institut de Paleontologie Humaine. *L'Anthropologie*, **24**: 1-16.

Britt, B. B.; Scheetz, R. D. y Dangerfield, A. (2009). A suite of dermestid beetle traces on dinosaur bone from the Upper Jurassic Morrison Formation, Wyoming, USA. *Ichnos*, **15**: 59-71.

Brodkorb, P. (1959). Pleistocene birds from New Providence Island Bahamas. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences Series*, **4**: 349-371.

Bromage, T. G. (1984). Interpretation of Scanning Electron Microscope Images of abraded forming bone surfaces. *American Journal of Physical Anthropology*, **64**: 161-178.

Brothwell, D. (1969). The study of archaeological materials by means of the Scanning Electron Microscope: An important new field. En: Science in Archaeology (Brothwell, D. y Higgs, E., Eds.), Thames & Hudson Ltd: 564-566.

Buikstra, J. E. y Swegle, M. (1989). Bone modification due to burning: experimental evidence. En: Bone modification, (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.). Center for the Study of the First Americans, University of Maine: 247-258.

Bunn, H. T. (1981). Archaeological Evidence for meat-eating by Plio-Pleistocene hominids from Koobi Fora and Olduvai Gorge. *Nature*, **291** (5816): 574-576.

Burjachs, F. (2002). Paleoecología del *Homo antecessor*: Palinología de la Unidades TD5, 6 y 7 de la "Gran Dolina" de Atapueca (Burgos, Spain). En: Falteneditors XIII Simposio de la Asociación de Palinólogos en Lengua Española (A.P.L.E.), Universidad Politécnica de Cartagena. 365-372.

Burjachs, F.; Yll, R. y Expósito, I. (2007). Informe preliminar de l'anàlisi pal·linològica del jaciment de Vallparadís. Informe FURV, 2 pp.

Buxó, R. (2003). Presencia de semillas y frutos de nogal en el yacimiento de Incarcal I (Girona, NE de la península Ibérica). *Paleontologia i Evolució*, **34**: 43-46.

C

Cabrera L. y Calvet F. (1996). Onshore Neogene record in NE Spain: Vallès-Penedès and El Camp half-grabens (NW Mediterranean). En: Tertiary basins of Spain (P. F. Friend y C. J. Dabrio, Eds.), Cambridge University Press: 97-105.

Cáceres, I. (1995). Estudio tafonómico de los procesos de formación del nivel i del abric romaní (Capellades, Barcelona): La influencia de la actividad antrópica. Tesis de Licenciatura, Universita Rovira i Virgili, Tarragona.

Cáceres, I. (1996). Secuencia de los procesos y mecanismos de alteración de la asociación fósil de macromamíferos del nivel I del Abric Romaní (Capellades, Barcelona). En: II Reunión de Tafonomía y Fosilización, Zaragoza (G. Meléndez, M. F. Blasco-Sancho e I. Pérez, Ed.), Institución Fernando el Católico: 73 -78.

Cáceres, I. (2002). Tafonomía de yacimientos antrópicos en Karst. Complejo Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos), Vanguard Cave (Gibraltar) y Abric Romaní (Capellades, Barcelona). Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Cáceres, I.; Lozano, M. y Saladie, P. (2007). Evidence for bronze age cannibalism in El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). American *Journal of Physical Anthropology*, **133**: 899-917.

Cadée, G. C. (1991). The History of Taphonomy. En: The processes of fossilization. (S. K. Donovan Ed), Belhaven Press: 3-21.

Canals, A., Vallverdú, J. & Carbonell, E. (2003). New Archaeo-Stratigfraphic Data for the TD6 level in Relation to *Homo antecessor* (Lower Pleistocene) at the Site of Atapuerca, North-Central Spain. *Geoarchaeology*, **18**: 481-504.

Cande, S. C. y Kent, D. V. (1995). Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, **100**: 6093-6095.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Capaldo, S. D. (1997). Experimental determinations of carcass processing by Plio-Pleistocene hominids and carnivores at FLK 22 (Zinjanthropus), Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution*, **33** (5): 555-597.

Carballo, J. (1910). De espeleología. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **10**: 468-482.

Carbonell, E. y Rodríguez, X. P. (1994). Early Middle Pleistocene deposits and artifacts in the Gran Dolina site (TD4) of the ‘‘Sierra de Atapuerca’’ (Burgos, Spain). *Journal of human Evolution*, **26:** 291–311.

Carbonell, E.; Bermudez de Castro, J. M.; Arsuaga, J. L.; Allue, E.; Bastir, M.; Benito, A.; Cáceres, I.; Canals, T.; Diez, J. C.; van der Made, J.; Mosquera, M.; Olle, A.; Perez-Gonzalez, A.; Rodriguez, J.; Rodriguez, X. P.; Rosas, A.; Rosell, J.; Sala, R.; Vallverdu, J. y Verges, J. M. (2005). An Early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102** (16): 5674-5678.

Carbonell, E.; Bermúdez de Castro, J. M.; Arsuaga, J. L.; Díez, J. C.; Rosas, A.; Cuenca-Bescos, G.; Sala, R.; Mosquera, M. y Rodriguez, X.P. (1995). Lower Pleistocene Hominids and Artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science*, **269**: 826-832.

Carbonell, E.; Bermúdez de Castro, J. M.; Parés, J. M.; Pérez-González, A.; Cuenca-Bescós, G.; Ollé, A.; Mosquera, M.; Huguet, R.; van der Made, J.; Rosas, A.; Sala, R.; Vallverdú, J.; García, N.; Granger, D. E.; Martinón-Torres, M.; Rodríguez, X. P.; Stock, G. M.; Vergés, J. M.; Allue, E.; Burjachs, F.; Cáceres, I.; Canals, A.; Benito, A.; Diez, C.; Lozano, M.; Mateos, A.; Navazo, M.; Rodríguez, J.; Rosell, J. y Arsuaga, J. L. (2008). The first hominin of Europe. *Nature*, **452** (7186): 465-469.

Carbonell, E.; Esteban, M.; Najera, A. M.; Mosquera, M.; Rodríguez, X. P.; Ollé, A.; Sala, R.; Vergés, J. M.; Bermúdez de Castro, J. M. y Ortega, A. I. (1999a). The Pleistocene site of Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain: a history of the archaeological investigations. *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 313-324.

Carbonell, E.; García-Antón, M. D.; Mallol, C.; Mosquera, M.; Ollé, A.; Rodríguez, X. P.; Sahnouni, M.; Sala R. y Vergès, J. M. (1999b). The TD6 level lithic industry from Gran Dolina, Atapuerca (Burgos, Spain): production and use. *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 653-693.

Carbonell, E.; Mosquera, M.; Ollé, A.; Rodríguez, X. P.; Sala, R.; Vergés, J. M.; Arsuaga, J. L. y Bemúdez de Castro, J.M. (2003). Les premiers comportements funeraires auraint-ils pris place à Atapuerca, il y a 350.000 ans?. *L’Anthropologie*, **107**: 1-14.

Carbonell, E.; Mosquera, M.; Ollé, A.; Rodríguez, X.; Sahnouni, M.; Sala, R. y Vergès, J. M. (2001). Structure morphotechnique de l'industrie lithique du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, **105** (2): 259-280.

Carracedo, J. M.; Heller, F.; Soler, V. y Aguirre, E. (1987). Estratigrafía magnética del yacimiento de Atapuerca: determinación del límite Matuyama/Brunhes. En: El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca, (E. Carbonell, J. M. Bermúdez de Castro y E. Aguirre, Eds.), Junta de Castilla y León: 193–199.

Castillo, C.; Martín-González, E. & Coello, J.J. (2001). Smal vertébrate taphonomy of La Cueva del Llano, a volcanic cave on Fuerteventura (Canary Islands, Spain). Palaeocological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **166**: 277-291.

Cervera, J.; García, N. y Arsuaga, J. L. (1999). Los carnívoros del yacimiento mesopleistoceno de Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos). En: Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoecología del Yacimiento de Galería. (E. Carbonell, A. Rosas y J. C. Díez, Eds.), Junta de Castilla y León, **7**: 175-188.

Chaline, J. (1972a). Les rongeurs du Pléistocène moyen et supérieur de France. Cahiers de Paléontologie, CNRS, Paris: 410 pp.

Chaline, J. (1972b). Le Quaternaire. L'historie humaine dans son environnement. Doin, Paris, 338 pp.

Chaline, J. (1987). Arvicolid data (Arvicolidae, Rodentia) and evolutionary concepts. *Evolutionar y Biology*, **21**: 237-310.

Chaline, J. (1988). Paleocronòmetres, paleotermòmetres, paleoindicadors dels entorns prehistòrics, els rosegadors irremplacables. *Cota zero*, **4**: 61-64.

Chaline, J. y Farjanel, G. (1990). Plio-Pleistocene rodent biostratigraphy and palynology of the Bresse Basin, France and correlations within western Europe. *Boreas*, **19**: 69-80.

Chaline, J. y Mein, P. (1979). Les rongeurs et l'evolution. Doin, Paris. 235 pp.

Chaline, J. y Michaux, J. (1969). Evolution et signification stratigraphique des Arvicolidés du genre *Mimomys* dans le Plio-Pléistocène de France. *Comptes Rendus Académie des Sciences,* **268**: 3029-3032.

Chaline, J. y Michaux, J. (1974). Les micromammifères et la biostratigraphie de la bordure occidentale du remplissage bressan. *Bulletin Scientifique de Bourgogne*, **24**: 55-83.

Chaline, J., Renault-Miskovsky, J., Brochet, G., Clement-Dels, R., Jammot, D., Mourer-Chauvire, C., Bonvalot, J., Lang, J., Leneuf, N. y Pascal, A. (1985). L'aven des Valerots (Nuits- Saint-Georges, Côte-d'Or), site de référence du Pléistocène inférieur. *Revue de géologie dynamique et de géographie* physique: **2** (2), 109-118.

Chaplin, R.E. (1971) The study of animal bones from archaeological sites. Seminar Press, London, 170 pp.

Child, A. M. (1995a). Towards an understanding of the microbial decomposition of archaeological bone in the burial enviroment. *Journal of Archaeological Science*, **22**: 165-174.

Child, A. M. (1995b). Microbial taphonomy of archaeological bone. *Studies in Conservation*, **40**: 19-30.

Chitty, D. (1938). A laboratory study of pellet formation in the Short eared owl. *Proceedings of the* Zoological Society of London, **1938**: 267-287.

Churchfield, S. (1990). The natural history of shrews. Cornell University Press, New York, 178 pp.

Cochard, D. (1998). Etude d'une taphocénose de Pélodytes ponctués (Pelodytes punctatus, Daudin, 1803) du Pléistocène supérieur. Approche taphonomique des ensembles d'Anoures. Memoria de D.E.A., Université de Bordeaux I.

Cochard, D. (2004). Les léporidés dans la subsistance Paleolithique du sud de la France. Tesis Doctoral, Université Bordeaux I.

Colomer, F.; Galobart, A. y Mazo, A.V. (2003). *Mammuthus meridionalis* (Nesti, 1825) de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica): descripción e identificación. *Paleontologia i Evolució*, **34**: 185-209.

Costa, M.; García Antón, M.; Morla, C. y Sainz, H. (1990). La evolución de los bosques de la Península Iberica: una interpretación basada en datos paleobiogeograficos. *Ecología*, **1**: 31-58.

Courty, M. A.; Goldberg, P. y MacPhail, R. (1989). Soils and micromorphology in archaeology. Cambridge University Press, Cambridge, 364 pp.

Crégut-Bonnoure, E. (1999). Les petits Bovidae de Venta Micena (Andalousie) et de Cueva Victoria (Murcia). En: The hominids and their environment during the Lower and Middle Pleistocene of Eurasia. (J. Gibert; F. Sánchez, L. Gibert, y F. Ribot, Eds.). Congreso Internacional de Paleontología Humana: 191-228.

Crochet, J.-Y.; Welcomme, J.-L.; Ivorra, J.; Ruffet, G.; Boulbes, N.; Capdevila, R.; Claude, J.; Firmat, C.; Métais, G.; Michaux, J. y Pickford, M. (2009). Une nouvelle faune de vertébrés continentaux, associée à des artefacts dans le Pléistocène inférieur de l'Hérault (Sud de la France), vers 1,57 Ma. *Comptes Rendus Palevol*, **8** (8): 725-736.

Cuenca-Bescós, G. y García, N. (2007). Biostratigraphic succession of the Early and Middle Pleistocene mammal faunas of the Atapuerca cave sites (Burgos, Spain). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **259**: 99-110.

Cuenca-Bescós, G. y Rofes, J. (2004). Insectívoros (Mammalia), clima y paisaje de los niveles inferiores de trinchera elefante (Pleistoceno Inferior, Atapuerca). *Paleontología*, **4**: 150-156.

Cuenca-Bescós, G. y Rofes, J. (2007). First evidence of poisonous shrews with an envenomation apparatus. *Naturwissenschaften*, **94**: 113-116.

Cuenca-Bescós, G.; Canudo, J. I. y Laplana, C. (1999a). Análisis bioestratigráfico de los roedores del Pleistoceno Medio del yacimiento de Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos). Atapuerca: Ocupaciones Humanas y paleoecología del yacimeinto de Galería. Junta de Castilla y León: 188-210.

Cuenca-Bescós, G.; Canudo, J. I. y Laplana, C. (2001). La séquence des rongeurs (Mammalia) des sites du Pléistocène Inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *Anthropologie*, **105** (1): 115-130.

Cuenca-Bescós, G.; Laplana, C. y Canudo, J. I. (1999b). Biochronological implications of the Arvicolidae (Rodentia, Mammalia) from the Lower Pleistocene hominid-bearing level of Trinchera Dolina 6 (TD6, Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, **37**: 353-373.

Cuenca-Bescós, G.; Laplana, C.; Canudo, J. I. y Arsuaga, J. L. (1997). Small mammals from Sima de los Huesos. *Journal of Human Evolution*, **33**: 174-190.

Cuenca-Bescós, G.; Rofes, J. y Garcia, J. C. (2004). Paleoclima y paisaje en el Pleistoceno Inferior de Atapuerca: los insectivoros (Mammalia) de los niveles interiores de Trinchera Elefante (Burgos, España). *Geo-Temas*, **6** (5): 85-88.

Cuenca-Bescós, G.; Rofes, J. y Garcia-Pimienta, J. (2005). Environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence from the Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. En: Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land-Ocean Evidence. (M. J. Head y P. L. e. Gibbard, Eds.). Geological Society, **247:** 277-286.

Cuenca-Bescós, G.; Rofes, J.; López-García, J.M.; Blain, H. A.; De Marfá, R.J.; Galindo-Pellicena, M.A.; Bennàsar, M.L., Melero-Rubio, M.; Arsuaga, J.L.; Bermúdez de Castro, J.M. y Carbonell, E. (2010). Biochronology of Spanish Quaternary small vertebrate faunas. *Quaternary International*, **212**: 109-119

d

Daams, R. y Freudenthal, M. (1988). Synopsis of the Dutch-Spanish collaboration program in the Aragonian type area, 1975-1986. En: Biostratigraphy and paleoecology of the Neogene micromammalian faunas from the Calatayud-Teruel Basin (Spain), (M. Freudenthal, Ed.). *Scripta Geologica*, **1** (Special Issue): 3-18.

Dauphin, Y.; Pickford, M. y Senut, B. (1998). Diagenetic changes in the mineral and organic phases of fossil avian eggshells from Namibia. *Applied Geochemistry*, **13** (2): 243-256.

Day, M. G. (1968). Food habits of Brittish stoat (*Mustela erminea*) and weasels (Mustela nivalis). *Journal of Zoological of London*, **155**: 485-497.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

de Marfà, R. (2009). Els lagomorfs (O. Lagomorpha; Cl. Mammalia) dels Pliocè i Pleistocè europeus. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.

Dean, W. R. J. (1973). Analysis of a collection of basin owl *Tyto alba* pellets from warmbaths, Transvaal. *Zoologica Africana*, **8** (1): 75-81.

Delany, M.J. (1974). The ecology of small mammals. Institute of Biology's studies in biology, London, nº51, 60 pp.

Delfino, M. yBailon, S. (2000). Early Pleistocene herpetofauna from Cava Dell'Erba and Cava Pirro (Apulia, southern Italy). *Herpetological Journal*, **10**: 95**–**110.

Delibes, M.; Brunet-Lecompte, P. y Mañez, M. (1983). Datos sobre la alimentación de la Lechuza común (*Tyto alba*), el Búho chico (*Asio otus*) y el Mochuelo (*Athene noctua*) en una misma localidad de Castilla la Vieja. *Ardeola*, **30**: 57-63.

Delibes, M.; Rodríguez, A. y Parreño, F. (1989). Food of the common genet (*Genetta genetta*) in northern Africa. *Journal of Zoology*, **218**: 321-326.

deMenocal, P. B. (1995). Plio-Pliestocene African climate. *Science*, **270**: 53-58.

Denys, C. (1985). Nouveaux critères de reconaissance des concentrations de microvertébrés d'aprés l'étude des pelotes de chouettes du Bostwana (Afrique australe) *Bulletin Muséum National d'Historie Naturelle*, **4**: 879-933.

Denys, C. (1986). Le gisement Pliocène de Laetoli (Tanzanie, Afrique de l'Est): analyse tphonomique des assemblages de microvertébrés. *Palaeontographica*, **194**: 69-98.

Denys, C.; Dauphin, Y. y Fernández Jalvo, Y. (1997). Apports biostratigraphiques et paléoécologiques de l'étude taphonomique des assemblages de micromammifères. Bilan et perspective. *Geobios*, **20**: 197-206.

Denys, C.; Dauphin, Y.; Rzebik-Kowalska, B. y Kowalski, K. (1996a). Taphonomic study of Algerian owl pellet assemblages and differential preservation of some rodents: palaeontological implications. *Acta zoologica cracoviensia*, **39** (1): 103-116.

Denys, C.; Geraads, D.; Hublin, J. J. M y Tong, H. (1987). Méthode d'étude taphonomique des microvertébrés, Application au site Pléistocène de Tighenif (Ternifine, Algérie). *Archaeozoologia*, **1**: 53-82.

Denys, C.; Kowalsky, K. y Dauphin, Y. (1992). Mechanical ans chemical alterations of skeletal tissues in a Recent Saharian accumulation of faeces from *Vulpes rueppelli* (Carnivora, Mammalia). *Acta Zoologica Cracoviensa*, **35**: 265-283.

Denys, C.; Williams, C. T.; Dauphin, Y.; Andrews, P. y Fernández-Jalvo, Y. (1996b). Diagenetical changes in Pleistocene small mammal bones from Olduvai Bed I. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **126** (1-2): 121-134.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Despriée, J.; Gageonnet, R.; Voinchet, P.; Bahain, J.-J.; Falguères, C.; Varache, F.; Courcimault, G. y Dolo, J.-M. (2006). Une occupation humaine au Pléistocène inférieur sur la bordure nord du Massif central. *Comptes Rendus Palevol*, **5** (6): 821-828.

Despriée, J.; Voinchet, P.; Tissoux, H.; Moncel, M.-H.; Arzarello, M.; Robin, S.; Bahain, J.-J.; Falguères, C.; Courcimault, G.; Dépont, J.; Gageonnet, R.; Marquer, L.; Messager, E.; Abdessadok, S. y Puaud, S. (en prensa). Lower y middle Pleistocene human settlements in the Middle Loire River Basin, Centre Region, France. *Quaternary International*.

Díez, J. C. y Rosell, J. (1998). Estrategias de subsistencia de los homínidos de la Sierra de Atapuerca. En: Atapuerca y la Evolución Humana, (E. Aguirre, Ed.), Fundación Ramón Areces**:** 361-390.

Díez, J. C.; Fernández-Jalvo, Y.; Rosell, J. y Cáceres, I. (1999). Zooarchaeology and taphonomy of Aurora Stratum (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, **37**: 623-652.

Dodson, P. (1973). The significance of small bones in paleoecological interpretation. *University of Wyoming Contributions to Geology*, **12**: 15-19.

Dodson, P. y Wexlar, D. (1979). Taphonomic investigation of owls pellets. *Paleobiology*, **5**: 275-284.

Donázar, J. A. (1989). Variaciones geográficas y estacionales en la dieta del Búho real (*Bubo bubo*) en Navarra. *Ardeola*, **36**: 25-36

Dorn, R. I. y Oberlander, T. M. (1981). Microbial origin of desert varnish. *Science*, **213**: 1245-124.

Dueñas, M. E. y Peris, S. J. (1985). Clave para los micromamíferos (Insectivora y Rodentia) del centro y sur de la Península Ibérica. Ediciones de la Universidad de Salamanca, Salamanca, 38 pp.

Duke, G. E. y Rhoades, D. D. (1977). Factors affecting meal to pellet intervals in great-horned owls (Bubo virginianus). *Comparative Biochemistry and Physiology*, **56** (3): 283-286.

Duke, G. E.; Evanson, A. y Jegers, A. A. (1976). Meal to pellet intervals in 14 species of captive raptors. *Comparative biochemistry and Physiology*, *Part A*, **53** (1): 1-6.

Duke,G. E.; Jeers, A. A.; Loft, G. y Evanson, O. A. (1975). Gastric digestion in some systems. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **50**: 649-656

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

e

Echassoux, A. (2009). Les premiers Européens et la dynamique des interactions avec leur environnement: comportement écologique et niveau de cognition. *L'Anthropologie*, **113** (1): 191-197.

Efremov, I. A. (1940). Taphonomy: new branch of Paleontology. *Pan American Geologist*, **74**: 81-93.

Efremov, I. A. (1953). Taphonomie et annales géologiques (1ère partie). *Annales du Centre d'Études et de Documentation Paléontologique*, **4**: 1-196.

Emiliani, C. (1955). Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, **63**: 538-578.

Enlow, D. H. y Brown, S. O. (1958). A comparative histological study of fossil and recent bone tissues. *Journal Science*, **10**: 187-230.

Ericson, P. G. P. (1987). Interpretations of archaeological bird remains: A taphonomic approch. *Journal of Archaeological Science*, **14**: 65-75.

Errington, P. L. (1930). The pellet analysis method of raptor food habits study. *Condor* **32**: 292–296.

Etheridge, R. (1965). Pleistocene lizards from New Providence. *Journal of the Florida Academy of Sciences*, **28**: 349-358.

Expósito, I. (2007). Reconstrucción paleoambiental de los niveles neolíticos de la Cueva de *El Mirador*, Sierra de Atapuerca, Burgos. Tesis de Máster. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

f

Falgéres, C.; Bahain, J.-J.; Yokoyama, Y.; Bischoff, J. L.; Arsuaga, J. L.; Castro, J. M. B. d.; Carbonell, E. y Dolo, J.M. (2001). Datation par RPE et U-TH des sites pléistocénes d'Atapuerca: Sima de los Huesos, Trinchera Dolina et Trinchera Galería. Bilan géochronologique. *L'Anthropologie*, **105** (1): 71-81.

Falguères, C.; Bahain, J.-J.; Yokoyama, Y.; Arsuaga, J. L.; Bermudez de Castro, J. M.; Carbonell, E.; Bischoff, J. L. y Dolo, J.-M. (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 343-352.

Fejfar, O. y Kaiser, T. M. (2005). Insect bone-modification and paleocology of Oligocene Mammal-Bearing sites in the Doupov mountains Northwestern Bohemia. *Palaentologia Electronica*, **8** (1): 1-11.

Fejfar, O. y Heinrich, W.D., (Eds.) (1990). International symposium evolution, phylogeny and biostratigraphy of arvicolids (Rodentia, Mammalia), Rohanov (Czechoslovakia), May 1987, 448 pp.

Fejfar, O., Heinrich, W.D. y Lindsay, E.H. (1998). Updating the Neogene Rodent biochronology in Europe. En: The dawn of the Quaternary (T. van Kolfschoten y P. L. Gibbard, Eds.), *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen*, **60**: 533-554.

Fejfar, O.; Heinrich, W-D; Pevzner M. A y Vangengeim E. A (1997). Late Cenozoic sequences of mammalian sites in Eurasia: an updated correlation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **133** (3-4): 259-288

Fernández-Jalvo, Y. (1992). Tafonomía de microvertebrados del complejo kárstico de Atapuerca (Burgos). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Fernández-Jalvo, Y. (1995). Small mammals taphonomy at La Trinchera de Atapuerca (Burgos, Spain). A remarkable example of taphonomic criteria used for stratigraphic correlations and palaeoenvironment interpretations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **114**: 167-195.

Fernández-Jalvo, Y. (1996). Small mammal taphonomy and the Middle Pleistocene environments of Dolina, Northern Spain. *Quaternary International*, **33**: 21-34.

Fernández-Jalvo, Y. (1999). Tafonomía de micromamíferos del yacimiento Galería de atapuerca (Burgos). En: Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería (E. Carbonell, A. Rosas y J. C. Díez, Eds.), Junta de Castilla y León, **7**: 245-264.

Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (1992). Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *Journal of Archaeological Science*, **19**: 407-428.

Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (2003). Experimental effects of water abrasion on bone fragments. *Journal of Taphonomy*, **1** (3): 147-163.

Fernández-Jalvo, Y.; Andrews, P. y Denys, C. (1999). Cut marks on small mammals at Olduvai Gorge Bed-I. *Journal of Human Evolution*, **36**: 587 -589.

Fernández-Jalvo, Y.; Denys, C.; Andrews, P.; Williams, C. T.; Dauphin, Y. y Humphrey, L. (1998). Taphonomy and palaeoecology of Olduvai Bed-I (Pleistocene, Tanzania). *Journal of Human Evolution*, **34**: 137-172.

Fernández-Jalvo, Y.; Díez, J. C.; Bermúdez de Castro, J. M.; Carbonell, E. y Arsuaga, J. L. (1996). Evidence of Early Cannibalism. *Science*, **271,** 277–278.

Fernández-Jalvo, Y.; Díez, J. C.; Rosell, J. y Cáceres, I. (1999). Human cannibalism in the Early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, **37**: 591-622.

Fernández-Jalvo, Y.; Sánchez-Chillón, B.; Andrews, P.; Fernández López, S. y Alcalá Martínez, L. (2002). Morphological taphonomic transformations of fossil bones in continental environments, and repercussions on their chemical composition. *Archaeometry*, **44** (3): 353-361.

Fernández-López, S. (1981). La evolución tafonómica (un planteamiento Neodarwinista). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geología)*, **79**: 243-254.

Fernández-López, S. (1984). Nuevas perspectivas de la Tafonomía Evolutiva: Tafosistemas y Asociaciones Conservadas. *Estudios Geológicos*, **40**: 215-224.

Fernández-López, S. (1991). Taphonomic concepts for a Theoretical Biochronology. *Revista Española de Paleontología*, **6** (1): 37- 49.

Fernández-López, S. (2000). Temas de Tafonomía. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 167 pp.

Fernández-López, S. y Fernández-Jalvo, Y. (2002). The limit between Biostratinomy and Fossildiagenesis. En: Current Topics on Taphonomy and Fossilization. (M. De Renzi, M. Pardo Alonso, Enrique Peñalver, Plinio Montoyam Ana Márquez-Aliaga y M. Belinchónet, Eds.), Ayuntamiento de Valencia: 27-36.

Fernández-López, S. (1989). La materia fósil. Una concepción dinamicista de los fósiles. En: Nuevas tendencias: Paleontología (E. Aguirre, Ed.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas: 25-45.

Fiorillo, A. R. (1989). An experimental study of trampling: implications for the fossil record. En: Bone Modification (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans**:** 61-71.

Fosse, P. (1994). Taphonomie paléolithique: les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel (Hérault). *Préhistoire anthropologie méditerranéennes,* **3:** 211-215.

Foucault (1993). Climat. Historie et avenir du milieur terrestre. Fayard, Paris, 328 pp.

g

Gabunia, L. y Vekua, A. (1995). La mandibule de l'homme fossile du Villafranchian supérieur de Dmanissi (Gerogie orientale). *L'Anthropologie,* **99**: 29-41.

Gabunia, L.; Antón, S. C.; Lordkipanidze, D.; Vekua, A.; Justus, A. y Swisher III, C. C. (2001). Dmanisi and Dispersal. *Evolutionary Anthropology,* **10**: 158-170.

Gabunia, L.; Lumley de, M. A.; Vekua, A.; Lordkipanidze, D. y Lumley de, H. (2002a). Découverte d'un nouvel hominidé à Dmanisi (Transcaucasie, Géorgie). *Comptes Rendus Palevol,* **1**: 243-253.

Gabunia, L.; Vekua, A. y Lordkipanidze, D. (2000a). The environmental contexts of early human occupation of Georgia (Transcaucasia). *Journal of Human Evolution*, **38**: 785-802.

Gabunia, L.; Vekua, A.; Lordkipanidze, D.; Swisher III, C. C.; Ferring, R.; Justus, A.; Nioradzé, M.; Tvalchrelidze, M.; Antón, S. C.; Bosinski, G.; Jöris, O.; Lumley, M. A.; Majsuradze, G. y Mouskhelishcili, A. (2000b). Earliest Pleistocene hominid cranial remains from Dmanisi, Republic of Georgia: Taxonomy, Geological Setting and Age. *Science*, **288**: 1019-1025.

Gabunia, L.; Vekua, A.; Lumley de, M.-A. y Lordkipanidze, D. (2002b). A new species of *Homo* represented by a fossil from the bottom part of the Pleistocene layer at Dmanisi, Georgia.*Archaeology*, *ethnology*, *anthropology of Eurasia*, **4** (12): 145-152.

Gabunia, M. (2000). On ancient man in the volcanic Mountainous region of South Georgia. En: Early Humans at the Gates of Europe. (D. Lordkipanidze, O. Bar-Yosef y M. Otte, Eds.), Evolutionary Anthropology. **92:** 43-47.

Gagnepain, J.; Laurent, M.; Bahain, J.-J.; Falguéres, C.; Hedley, I.; Peretto, C.; Wagner, J.-J. y Yokoyama, Y. (1998). Synthése des données paléomagnétiques et radiochronologiques du suite de Ca' Belvedere di Monte Poggiolo (Romagne, Italie) et de son environnement géologique. En: Ca' Belvedere di Monte Poggiolo: I primi abitanti in Emilia-Romagna. XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric sciences, ABACO ed: 877-888.

Galobart, A. (2003). Origen de las acumulaciones, diversidad y reconstrucción de los yacimientos Incarcal I e Incarcal V. *Paleontologia i Evolució*, **34**: 233-244

Galobart, A. y Agustí, J. (2003a). Los micromamíferos de los yacimientos del Pleistoceno Inferior de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica). *Paleontologia i Evolució*, **34**: 63-67

Galobart, A. y Agustí, J. (2003b). Paleoecología de los yacimientos del Pleistoceno Inferior de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica). *Paleontologia i Evolució*, **34**: 245-266.

Galobart, A.; García-Fernández, D. y Cerdeño, E. (2003). Perisodáctilos del Pleistoceno Inferior de los yacimientos de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica) *Paleontologia i Evolució*, **34**: 175-183.

García Antón, M. (1999). Análisis polínico de las Unidades GIII y GIV del yacimiento mesopleistoceno de Galería, Sierra de Atapuerca. En: Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoecología del Yacimiento de Galería. (E. Carbonell, A. Rosas y J. C. Díez. Zamora, Eds.), Junta de Castilla y León, **7**: 135-142.

García, N. y Arsuaga, J. L. (1999). Carnivores from the Early Pleistocene hominid-bearing Trinchera Dolina 6 (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 415-430.

Garcia, N. y Arsuaga, J.-L. (1998). The carnivore remains from the hominid-bearing Trinchera-Galeria, Sierra de Atapuerca, Middle Pleistocene site (Spain). *Geobios*, **31**(5): 659-674.

García, N. y Arsuaga, J. L. (2001a). *Ursus dolinensis*: a new species of Lower Pleistocene ursid from Trinchera Dolina, Atapuerca (Spain). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, **332** (11): 717-725.

García, N. y Howell, F. C. (2008). New discovery of a large mustelid (Carnivora: Mammalia) from the early Pleistocene locality of Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Spain). *Palaeontographica Abteilung A (Paleozoology, Stratigraphy)*, **284** (1-3): 1-16.

García, N. y Arsuaga, J. L. (2001b). Les carnivores (Mammalia) des sites du Pléistocène ancien et moyen d'Atapuerca (Espagne). *L'anthropologie*, **105**: 83-93

García, N.; Arsuaga, J. L. y Torres, T. (1997). The carnivore remains from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain*). Journal of Human Evolution*, **33**: 1555-174

García, N.; Arsuaga, J. L.; Bermúdez de Castro, J. M.; Carbonell, E.; Rosas, A. y Huguet, R. (2008). The Epivillafranchian carnivore Pannonictis (Mammalia, Mustelidae) from Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Spain) and revision of the Eurasian occurrences from a taxonomic perspective. *Quaternary International*, **179**: 42-52.

García-Antón, M. (1995). Paleovegetación del Pleistoceno Medio de Atapuerca a través del análisis polínico. En: Evolución Humana en Europa y los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, (J.M. Bermúdez de Castro, E. Carbonell, y J. L Arsuaga, Eds.), Junta de Castilla y León, 147-165.

García-Antón, M. (1998). Reconstrucciones de paleovegetación en Atapuerca según análisis polínico. En: Atapuerca y la evolución humana, (E. Aguirre, Ed.), Fundación Ramón Areces, 63-71.

García-Antón, M. y Sainz-Ollero, H. (1991). Pollen records from the middle Pleistocene Atapuerca site (Burgos, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **85**: 199-206.

García-Medrano, P. (2003). Estudio tecnológico de Covacha de los Zarpazos (Complejo Galería, Atapuerca, Burgos) en el contexto del Pleistoceno Medio de la submeseta norte de la Península Ibérica. Tesis de Licenciatura. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Garzón, J. (1973). Contribución al status, alimentación y protección de las falconiformes en España Central. *Ardeola*, **19** (2): 279-330.

Gibbard, P. L.; Boreham, S.; Cohen, K. M. y Moscariello, A. (2005). Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Boreas*, **34** (1) *unpaginated. modified in 2007*

Gibert, J. y Pérez-Pérez, A. (1989). A Human phalanx from the Lower Palaeolithic site of Cueva Victoria (Murcia, Spain). *Journal Human Evolution*, **4** (4): 307-317.

Gibert, J. y Pons, J. (1984). Estudio morfológico de la falange del genero Homo de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia), *Paleontologia i Evolució*, **18**: 49-56.

Gibert, J.; Campillo, D.; Arques, J. M.; Garcia-Olivares, E.; Borja, C. y Lowenstein, G., (1998). Hominid status of the Orce cranial fragment reasserted. *Journal of Human Evolution*, **34** (2) 203–217.

Gibert, J.; Ribot, F.; Ferrández, C.; Martínez-Navarro, B.; Caporicci, R. y Campillo, D. (1989). Anatomical study: comparison of the cranial fragment from Venta Micena (Orce, Spain) with fossil and extant mammals. *Human Evolution*, **4**: 283‑305.

Gibert, J.; Ferrández, C.; Pérez-Cuadrado, J. L. y Martínez, B. (1992). Cueva Victoria: cubil de carroñeros. En: Presencia humana en el Pleistoceno Inferior de Granada y Murcia, (J. Gibert, Ed.), Museo de Prehistoria, Ayuntamiento de Orce: 133-142.

Gibert, J.; Gibert, L.; Fernández-Canyadell, C.; Robot, F.; Iglesias, A. y Gibert, P. (2006a). Cueva Victoria: Geología, Paleontología, restos humanos y edades. *Memorias de Arqueología Región de Murcia*, **14**: 37-62.

Gibert, J.; Gibert, L.; Iglesias, A. y Maestro, E. (1998). Two “Oldowan” assemblages in the Plio- Pleistocene deposits of the Orce region, southeast Spain. *Antiquity*, **72:** 17–25.

Gibert, J.; Gibert, L.; Ribot, F.; Ferràndez-Canadell, C.; Sánchez, F.; Iglesias, A. y Walker, M. J. (2008). CV-0, an early Pleistocene human phalanx from Cueva Victoria (Cartagena, Spain). *Journal of Human Evolution*, **54** (1): 150-156.

Gibert, J.; Pons, J. y Ruz, M. C. (1985). Comparación métrica y morfológica de la falange del género Homo de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia) con los primates y ursidos. *Paleontologia i Evolució*, **19**: 147-154

Gibert, J.; Sanchez, F.; Ribot, F.; Gibert, L.; Ferrandez, C.; Iglesias, A.; Gibert, P. y González, F. (2002). Restes humains dans les sédiments du Pléistocène inférieur de la région d'Orce et de Cueva Victoria (sud-est de l'Espagne)Human remains in the Lower Pleistocene sediments from the Orce and Cueva Victoria areas (South Eastern Spain). *L'Anthropologie*, **106** (5): 669-683.

Gibert, L.; Maillo, A. y Iglesias, A. (1995). Présence des industries lithiques dans le Pléistocène inférieur de la région d’Orce (Grenade, Espagne): quel est l’état de la question? *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences de Paris*, **321**:71–78.

Gibert, L.; Scott, G. y Ferràndez-Cañadell, C. (2006b). Evaluation of the Olduvai subchron in the Orce ravine (SE Spain). Implications for Plio-Pleistocene mammal biostratigraphy and the age of Orce archeological sites. *Quaternary Science Reviews*, **25** (5-6): 507-525.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Gibert, L.; Scott, G.; Martin, R. y Gibert, J. (2007). The Early to Middle Pleistocene boundary in the Baza Basin (Spain). *Quaternary Science Reviews*, **26** (17-18): 2067-2089.

Gifford, D. P. (1981). Taphonomy and Paleoecology: A critical view of archaeology's sister disciplines. En: Advances in Archaeological Method and Theory. (M. B. Schiffer Ed.), New York Academic Press, **4**: 365-438.

Gifford-Gonzalez, D. (1989a). Overview-Modern Analogues: Developing an Interpretative Framework. En: Bone Modification (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans**:** 43-52.

Gifford-Gonzalez, D. (1989b). Ethnographic Analogues for Interpreting Modified Bones: Some Cases from East Africa. En: Bone Modification (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans**:** 179-246.

Gifford-Gonzalez, D. (1991). Bones are not enough: analogues, knowledge, and interpretative strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, **10** (3): 215-54.

Gifford-Gonzalez, D. P.; Damrosch, D. B.; Damrosch, D. R.; Pryor, J. y Thunen, R. L. (1985). The third dimension in site structure: an experiment in trampling and vertical dispersal. *American Antiquity*, **50** (4):803-818.

Gil, E.; Aguirre, E. y Hoyos, M. (1987). Contexto estratigráfico. En: El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca, (E. Aguirre, E. Carbonell y J. M. Bermúdez de Castro, Eds.), Junta de Castilla y León: 47–54.

Gilchrist, R. y Mytum, H. (1986). Experimental archaeology and burnt animal bones from archaeological sites. *Circaea*, **4** (1): 29-39.

Gliozzi, E.; Abbazzi, L.; Ambrosetti, P.; Argenti, P.; Azzaroli, A.; Caloi, L.; Capasso Barbato, L.; Di Stefano, G.; Esu, D.; Ficcarelli, G.; Girotti, O.; Kotsakis, T.; Masini, F.; Mazza, P.; Mezzabotta, C.; Palombo, M.R.; Petronio, C.; Rook, L.; Sala, B.; Sardella, R.; Zanalda, E. y Torre, D. (1997). Biochronology af selected mammals, molluscs and ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocenne in Italy. The state of the art. *Rivista Italiana di Paleontologia i Stratigrafia*, **103** (3): 369-388.

Glue, D. E. (1971). Avian predator pellet analysis and the mammalogist. *Mammal Review*, **1**: 53-62.

Glue, D. E. (1977). Feeding ecology of the Short eared owl in Britain and Ireland. *Bird Study*, **24**: 70-78.

Gómez, G. (2005). Analisis of bone modifications of *Bubo virginianus* pellets from Argentina. *Journal of Taphonomy*, **3** (1): 1-16

Gosàlbez, J. (1987). Insectívors i Rosegadors de Catalunya. Metodologia d'estudi i catàleg faunístic. IEC en colaboración con Ketres editora, Barcelona, 241 pp.

Grimm, E. C. (1987). Coniss: A fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, **13**: 13-35.

Grimm, E. C. (2004). TGView 2.0.2. Springfield, Illinois State Museum. USA.

Grimm, R. J. y Whitehouse, W. M. (1963). Pellet formation in a Great horned Owl: a roentgenographic study. *The Auk*, **80**: 301-306.

Guérin, C. (2004). Les Proboscidiens (Mammalia) du gisement villafranchien moyen de Saint-Vallier (Drôme, France). *Geobios*, **37** (Supplement 1): S306-S317.

Guérin, C.; Faure, M.; Argant, A.; Argant, J.; Crégut-Bonnoure, É.; Debard, É.; Delson, E.; Eisenmann, V.; Hugueney, M.; Limondin-Lozouet, N.; Martín-Suárez, E.; Mein, P.; Mourer-Chauviré, C.; Parenti, F.; Pastre, J.-F.; Sen, S. y Valli, A. (2004). Le gisement pliocène supérieur de Saint-Vallier (Drôme, France): synthèse biostratigraphique et paléoécologique. *Geobios*, **37** (Supplement 1): S349-S360.

Guillem, P. M. (2002). *Vulpes vulpes* as a producer of small mammal bone concentrations in karstic caves. Archaeological implications. En: Current topics on taphonomy and fossilization, (M. De Renzi, M. Pardo, M. Belinchón, E. Peñalver, P. Montoya, y A. Márquez-Aliaga, Eds.), Ajuntament de Valencia, **5**: 481-490.

Guillén-Grima, F.; Seguí-Gómez, M y Martínez-González, M. A. (2006). Análisis de Clusters. En: Bioestadística amigable (M. A. Martínez-González, A. Sánchez-Villegas y F. J. Faulín, Eds.). Díaz de Santos: 875-886.

h

Hackett, C.J. (1981). Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones. *Medicine Science and Law,* **21:** 243–265.

Hanson, C. B. (1980). Fluvial taphonomic processes: models and experiments. En: Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology. (A. K. H. Behrensmeyer, Ed.), Universitiy of Chicago Press: 156-181.

Haws, J. A. (2003). An investigation of late Upper Paleolithic and Epipaleolithic Hunter-gatherer subsistence and settlement patterns in central Portugal. Tesis Doctoral, University of Wisconsin-Madison.

Haynes, G. (1980). Prey bones and predators: potential ecologic information from analysis of bone sites. *Ossa,* **7**: 75-97.

Haynes, G. (1983). A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bones. *Paleobiology*, **9**: 164-72.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Hemmer, H.; Kahlke, R. D. y Vekua, A. K. (2001). The Jaguar - *Panthera onca gombaszoegensis* (Kretzoi, 1938) (Carnivora: Felidae) in the late Lower Pleistocene of Akhalkalaki (south Georgia; Transcaucasia) and its evolutionary and ecological significance. *Geobios,* **34** (4): 475-486.

Herrera, C. M. y Hiraldo, F. (1976). Food-niche and trophic relationship among European owls. *Ornis Scandinavica,* **7**: 29-41

Higgins, J. (1999). Tunel: a case study of avian zooarchaeology and taphonomy. *Journal of Archaeological Science,* **26** (12): 1449-1457.

Hill, A. (1978) Taphonomical background to fossil man- problems in palaeoecology. En: Geological background to fossil man (W.W. Bishop, Ed.), Scottish Academic Press: 87-101.

Hill, A. P. (1979). Butchery and natural disarticulation: an investigatory technique. *American Antiquity*, **48**: 102-114.

Hill, A. P. y Behrensmeyer, A. (1985). Natural disarticulation and bison butchery. *American Antiquity*, **50** (1): 141 -145.

Hiraldo F.; Parreño, F. F.; Andrada, V. y Amores, F. (1976). Variations in the food habits of the European Eagle Owl (*Bubo bubo*). *Doñana Acta Vertebrata*, **3**: 137-156.

Hiraldo, F.; Andrada, J. y Parreño, F. F. (1975). Diet of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) in Mediterranean Spain. *Doñana Acta Vertebrata*, **2**: 161-177.

Hockett, B. S. (1991). Toward distinguishing human and raptor patterning on leporid bones. *American Antiquity*, **56** (4): 667-679.

Hoffman, R. (1988). The contribution of raptorial birds to patterning in small mammal assemblages. *Paleobiology,* **14** (1): 81-90.

Holliday, V. T. (2001). Quaternary geoscience in archaeology. En: Earth sciences and archaeology, (P. Goldberg, V. T. Holliday y C. Reid Ferring, Eds.). Kluwer Academic/ Plenum Publishers: 3-28.

Hooykaas, R. (1970). Catastrophism in geology, its scientific character in relation to actualism and uniformitarianism. *Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afd. Letterkunde. Nieuwe reeks*, **33** (7): 271-316

Howard, W. E. (1958). Food intake and pellet formation of a Horned Owl. *Willson Bulletin*, **70**: 145- 150

Hoyos, M. y Aguirre, E. (1995). El registro paleoclimático pleistoceno en la evolución del karst de Atapuerca (Burgos): el corte de Gran Dolina. *Trabajos de Prehistoria,* **52** (2): 31-45.

Huguet, R. (1997). Estudi Zooarqueològic de la Unitat GII del Complex Galería (Sierra de Atapuerca. Burgos). Tesi de Llicenciatura, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Huguet, R. (2007). Primeras ocupaciones humanas en la Península Ibérica: paleoeconomía en la Sierra de Atapuerca (Burgos) y la Cuenca de Guadix-Baza (Granada) durante el Pleistoceno Inferior. Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Huguet, R.; Cáceres, I.; Díez, J. C. y Rosell, J. (1999). Estudio tafonómico y zooarqueológico de los restos óseos de macromamíferos de la unidad G-II de Galería. En: Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería. (E. Carbonell, A. Rosas y J. C. Díez, Eds.), Junta de Castilla y León, **7:** 245-264.

Huguet, R.; Díez , C.; Rosell, J.; Cáceres, I.; Moreno, V.; Ibáñez, N. y Saladié, P. (2001). Le gisement de Galería (Sierra de Atapuerca, Espagne): un modèle archeozoologique de gestion du territoire durant le Pléistocène. *L'Anthropologie*, **105** (2): 237-258.

Huisman, D. J.; Klaver, G. T.; Veldkamp, A. y van Os, B. J. H. (2000). Geochemical compositional changes at the Pliocene-Pleistocene transition in fluviodeltaic deposits in the Tegelen-Reuver area (southeastern Netherlands). *International Journal of Earth Sciences*, **89** (1): 154-169.

i

Ibañez, N. y Saladié, P. (2004). Acquisition anthropique d'Oryctolagus cuniculus dans le site du Molí del Salt (Catalogne, Espagne). En: Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire. Aux ressources utilitaires. (J. P. Brugal y J. Desse, Eds.). Antibes**:** 255-259.

Irving, W. N.; Jopling, A. V. y Kritsch-Amstrong, I. (1989). studies of bone technology and taphonomy, Old Crow Basin, Yukon Territory. En: Bone Modification (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans**:** 347 -379.

j

Jackes, M.; Sherburne, R.; Lubell, D.; Barker, C. y Wayman, M. (2001). Destruction of the microstructure in archaeological bone: a case study from Portugal. *International Journal of Osteoarchaeology*, **11** (6): 387–399.

Jaeger, J. J. (1979). Les faunes de rongeurs du Pliocène et du Pleistocène d'Afrique orientale. *Bulletin de la Société Géologique de la France*, **7** (XXI, 3): 301-308.

Janczewski, D. N.; Yuhki, N.; Gilbert, D. A.; Jefferson, G. T. y O'Brien, S. J. (1992). Molecular phylogenetic inference from saber-toothed cat fossils of Rancho La Brea. *Proceedings National Acadademy of Sciences*, **89**: 9769-9773.

Jans, M. M. E.; Nielsen-Marsh, C. M.; Smith, C. I.; Collins, M. J. y Kars, H. (2004). Characterisation of microbial attack on archaeological bone. *Journal of Archaelogical Science*, **31**: 87-95.

Jiménez-Moreno, G. (2003). Análisis polínico de las secciones de Barranco León y Fuente Nueva de Orce (Granada). Primeros resultados. En: El Pleistoceno Inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada). (I. Toro, J. Agustí, B. Martínez-Navarro, Eds.), Arqueología Monografías, **17:** 173- 182.

Johnson, E. (1985). Current Developments in Bone Technology. En: Advances in Archaeological Method and Theory. (M. B. Schiffer, Ed.), Academic Press: **8**: 157-235.

Johnson, E. (1989). Human-Modified Bones from Early Southern Plains Sites. Bone Modification. (R. Bonnichsen y M. H. Sorg Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans: 431-471.

Jordá, F. (1965). Notas sobre la Trinchera de Atapuerca. *Zephyrus* **16**, 149.

k

Kahlke, R. D. (2006). Untermassfeld – A late Early Pleistocene (Epivillafranchian) fossil site near Meiningen (Thuringia, Germany) and its position in the development of the European mammal fauna. British Archaeological Series, International Series, **1578**.

Kahlke, R.-D y Gaudzinski, S. (2005). The blessing of a great flood: differentiation of mortality patterns in the large mammal record of the Lower Pleistocene fluvial site of Untermassfeld (Germany) and its relevance for the interpretation of faunal assemblages from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, **32** (8): 1202-1222.

Kaiser, T. M. (2000). Proposed fossil insect modification to fossil mammalian bone from Plio-Pleistocene hominid-bearing deposits of Laetoli (Northern Tanzania). *Annals of the Entomological Society of America*, **93** (4): 693-700.

Kimbel, W. H.; Walter, R. C.; Johanson, D. C.; Reed, K. E.; Aronson, J. L.; Assefa, Z.; Marean, C. W.; Eck, G. G.; Bobe, R.; Hovers, E.; Rak, Y.; Vondra, C.; Yemane, T.; York, D.; Chen, Y.; Evensen, N. M. y Smith, P. E. (1996). Late Pliocene Homo and oldowan tools from the Hadar Formation (Kada Hadar Member), Ethiopia. *Journal of Human Evolution*, **31**(6): 549-561.

Klein, R.G. y Cruz-Uribe, K (1984). The analysis of animal bones from archaeological sites. University Chicago Press, Chicago, 304 pp.

Koenigswald, W. V. (1992). Various aspects of migrations in the terrestrial mammals in relation to Pleistocene faunas of central Europe. En: Mammalian migration and dispersal events in the European Quaternary, (W. V. Koenigswald y L. Werdelin, Eds.). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. **153:** 39-50.

Kolfschoten, V. T. y Gibbard, P. L. (1998). The dawn of the Quaternary: an introduction. *Mededelingen Nederlands Institut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO*, **60**: 13-18.

König, C., Weick, F. y Becking, J.H. (1999). Owls. A guide to the owls of the world. Pica press, New Haven, 462 pp.

Korth, W.W. (1979). Taphonomy of microvertebrate fósil assemblages. *Annals of the Carnegie Museum*, **48**: 235-285.

Kostopoulos, D. S (1997). The Plio-Pleistocene artiodactyls (Vertebrata, Mammalia) of Macedonia 1. The fossiliferous site "Apollonia-1", Mygdonia basin of Greece. *Geodiversitas*, **19** (4): 845-875.

Kostopoulos, D. S. y Koufos, D. (1994). The Plio-Pleistocene artiodactyls of Macedonia (Northern Greece) and their biostratigraphic significance; preliminary report. *Académie des Sciences*, **318** (II): 1267-1272.

Koufos, G. D.; Kostopoulos, D. S y Sylvestrou, I. A. (1997). *Equus apolloniensis* n.sp. (Mammalia, Equidae) from the latest Villafranchian locality of Apollonia, Macedonia, Greece. *Paleontología y Evolución*, **30-31**: 49-76.

Koufos, G. D.; Syrides, G. E.; Kostopoulos, D. S. y Koliadimou, K. K. (1995). Preliminary results about thestratigraphy and the palaeoenvironment of Mygdonia Basin, Macedonia, Greece. *Geobios*, **28** (Supplement 1): 243-249.

Kowalski, K. (1990). Some problems of the taphonomy of small mammals. En: International symposium on the evolution, Phylogeny and biostratigraphy of arvicolids. (O. Feijfar y W.D. Heinrich, Eds), Praha: 285-296.

Krebs, C.J. (1978). Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Second Edition. Harper and Row, New York, 678 pp

Kusmer, K. D. (1990). Taphonomy of owl pellet deposition. *Journal of Paleontology*, **64**(4): 629-637.

l

Landeck, G. (Submited). Migration of early humans to Central Europe before the Middle Pleistocene?–New archaeological evidence from Germany. Frühgeschichte und Archäologie Mittelalter.

Landt, M. J. (2004). Investigations of human gnawing on small mammal bones among contemporary Bofi foragers of the Central African Republic. Tesis Doctoral, Washington State University.

Landt, M. J. (2007). Tooth marks and human consumption: ethnoarchaeological mastication research among foragers of the Central African Republic. *Journal of Archaeological Science,* **34**: 1629-1640.

Laplana C.; Montuire S.; Brunet-Lecomte P. y Chaline J. (2000). Révision des A*llophaiomys* (Arvicolinae, Rodentia, Mammalia) des Valerots (Côte-d'Or, France). *Geodiversitas,* **22** (2): 255-267.

Laplana, C. y Cuenca, G. (1997). Los arvicólidos (Arvicolidae, Rodentia) del límite Pleistoceno Inferior-Medio en el relleno cárstico Trinchera Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, España). *XIII Jornadas de paleontología. Sociedad Española de Paleontología*: 192-195.

Laplana, C. y Cuenca, G. (2000). Una nueva especie de Microtus (*Allophaiomys*) (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) en el Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España). *Revista Española de Paleontología*, **15** (1): 77-87.

Laroulandie, V. (2000). Taphonomie et archéozoologie des oiseaux en grotte: applications aux sites paléolithiques du Bois-Ragot (Vienne), de Combe Saunière (Dordogne) et de La Vache (Ariège). Tesis Doctoral, Université Bordeaux I.

Lavocat, R. (1956). La faune de rongeurs des grottes a Australopitheques. *Paleontologia Africana,* **4**: 69-75.

Lavocat, R. (1966). Faunes et flores préhistoriques de l'Europe Occidentale. Boubée et Cie, Paris**, 3**: 486 pp.

Lawrence, D. R. (1968). Taphonomy and information losses in fossil communities. *Geological Society of America Bulletin,* **79**: 1315-1330.

Lawrence, D. R. (1971). The nature and structure of paleoecology. *Journal of Paleontology*, **45**: 593-607.

Le Jacques, D. y Lodé, T. (1994). L'alimentation de la Genette d'Europe, *Genetta genetta* L. 1758, dans un bocage de l'ouest de la France. *Mammalia,* **58**: 383-389.

Leakey, L. S. B.; Tobias, P. V. y Napier, J. R. (1964). A new species of the genus *Homo* from Olduvai Gorge. *Nature*, **202**: 7-9.

Lebreton, V. (2004). Paysages et climats des premiers hominidés en Italie. *British Archaeological Series, International Series,* **1204**.

Levinson, M. (1982). Taphonomy of microvertebrates from owls pellets to cave Breccia. *Annals of the Transvaal Museum*, **33**: 115-121.

Lie, R. W. (1980). Minimum Number of Individuals from Osteological Samples. *Norwegian Archaeological Review,* **13** (1): 24-30.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Lindsay, E. H.; Opdyke, N. D. y Johanson, N. M. (1980). Pliocene dispersal of horse *Equus* and late Cenozoic mammalian dispersal events. *Nature,* **287**: 135-138.

Lipej, L. y Gjerkes, M. (1996). Diet of the tawny owl (*Strix aluco*) in the karst environment near Skocjanske Jame (SW Slovenia). *Acta Carstologica,* **25**: 351-363.

Lloyd, H. G. (1980). The red fox. Batsford Ltd, London: 320 pp.

Lockie, J. D. (1961). The food of the pine marten (*Martes martes*) in west Ross-shire, Scotland. *Proceedings of the Zoological Society of London,* **1136**: 187-195.

Lodé, T.; Lechant, L. y Le Jacques, D. (1991). Le régime alimentaire de la genette en limite nordouest de son aire de répartition. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie),* **46**: 339-348.

López Martínez, N.; Michaux, J. y Villalta, J. F. (1976). Rongeurs et Lagomorphes de Bagur-2 (Province de Gérone, Espagne). Nouveau remplissage de fissure du début du Pléistocene Moyen. *Acta Geológica Hispánica,* **11** (2) : 46-54.

López-Antoñanzas, R. (2000). Reconstrucción paleoambiental del Pleistoceno Inferior y Medio de Trinchera Dolina (Atapuerca, Burgos) basada en las asociaciones de micromamíferos. Tesis de Licenciatura, Universidad de Zaragoza.

López-Antoñanzas, R. y Cuenca-Bescós, G. (2002). The Gran Dolina site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenviromental data based on the distribution of small mammals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* **186**: 311-334.

López-García, J. M. (2008). Evolución de la diversidad taxonómica de los micromamíferos en la Península Ibérica y cambios Paleoambientales durante el Pleistoceno Superior. Tesis Doctoral. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

López-González, F.; Grandal-d'Anglade, A. y Vidal-Romaní, J. R. (2006). Deciphering bone depositional sequences in caves through the study of manganese coatings. *Journal of Archaeological Science,* **33**: 707- 717.

López-Gordo, J. L. (1974). Sobre la alimentación del Cárabo (*Strix aluco*) en España Central. *Ardeola,* **19**: 429-437.

Lordkipanidze, D.; Vekua, A.; Ferring, R.; Rightmire, G. P.; Agustí, J.; Kiladze, G.; Mouskhelishvili, A.; Nioradzé, M.; Ponce de León, M.; Tappen, M. y Zollikofer, C. (2005). The earliest toothless hominin skull. *Nature,* **434**: 717-718.

Lorenz, K. (1986). Fundamentos de la Etología. Estudio comparado de las conductas. Paidos, Barcelona, 352 pp.

Lumley de, H. (1988a). La grotte du Vallonnet. Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes. Situation géographique, description, historique. *L'Anthropologie,* **92** (2): 387-397

Lumley de, H. (1988b). La stratigraphie du remplissage de la grotte du Vallonnet *L'Anthropologie*, **92** (2): 407-428.

Lumley de, H.; Fournier, A.; Krzepkowska, J. y Echassoux, A. (1988a). L'industrie du Pléistocène Inférieur de la grotte du Vallonnet Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes. *L'Anthropologie*, **92** (2): 501- 614.

Lumley de, H.; Kahlke, H. D.; Moigne, A. M. y Moulle, P. E. (1988b). Les faunes de grands mammifères de la grotte du Vallonnet, Roquebruene-Cap-Martin, Alpes-Maritimes. *L'Anthropologie*, **92** (2): 465- 496.

Lumley de, H.; Lordkipanidze, D.; Féraud, G.; Garcia, T.; Perrenoud, C.; Falguères, C.; Gagnepain, J.; Saos, T. y Voinchet, P. (2002). Datation par la méthode 40 Ar/ 39 Ar de la couche de cendres volcaniques (couche VI) de Dmanissi (Géorgie) qui a livré des restes d'hominidés fossils de 1,81 Ma. *Comptes Rendus Palevol*, **1**: 181-189.

Lumley de, H.; Nioradzé, M.; Barsky, D.; Cauche, D.; Celiberti, V.; Nioradzé, G.; Notter, O.; Zvania, D. y Lordkipanidze, D. (2005). Les industries lithiques préoldowayennes du début du Pléistocène Inférieur du site Dmanisi en Géorgie. *L'Anthropologie*, **109**: 1-182.

Lyman, R. L. (1989). Taphonomy of Cervids Killed by the May 18, 1980, Volcanic eruption of mount St. Helens, Washington, U.S.A. En: Bone Modification. (R. Bonnichsen y M. H. Sorg, Eds.), University of Maine Center for the Study of the First Americans**:** 149-167.

Lyman, R. L. (1994). Vertebrate Taphonomy. Cambrigde University Press, Cambrigde, 524 pp.

m

Maas, M. C. (1985) Taphonomy of a late Eocene microvertebrate locality, Wind River Basin, Wyoming (U.S.A.) *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **52** (1-2):123-142.

Made van der, J. (1998a). Ungulates from Gran Dolina (Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternaire*, **9** (4): 267-281.

Made van der, J. (1998b). Ungulados de Gran Dolina, Atapuerca: Nuevos Datos e Interpretaciones. En: Atapuerca y la Evolución Humana. (E. Aguirre, Ed.), Fundación Ramón Areces: 97-110.

Made van der, J. (1999). Ungulates from Atapuerca TD6. *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 389-413.

Made van der, J. (2001). Les ongulés d'Atapuerca. Stratigraphie et biogéographie *L'Anthropologie*, **105**: 95-113.

Made van der, J. y Mazo, A. V. (2001). Spanish Pleistocene proboscidean diversity as a function of climate. En: La Terra degli Elefanti. 1º Congresso Internazionale, Roma: 16-20.

Made van der, J. y Mazo, A. V. (2003). Proboscidean dispersals from Africa towards Western Europe. En: Advances in Mammoths research (Proceedings of the second international mammoth conference), (J. W. F. Reumer, J. De Vos y D. Mol, Eds.). Annual of the Natural History Museum Rotterdam, **9:** 437-452.

Made van der, J.; Aguirre, E.; Bastir, M.; Fernández Jalvo, Y.; Huguet, R.; Laplana, C.; Marquez, B.; Martínez, C.; Martinón, M.; Rosas, A.; Rodríguez, J.; Sánchez, A.; Sarmiento, S. y Bermúdez de Castro, J. M. (2003). El registro paleontológico y arqueológico de los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril en la Sierra de Atapeurca. *Coloquios de Paleontología*, **1**: 345-372.

Madurell-Malapeira, J.; Alba, D.M.; Moyà-Solà, S. (2009a). Carnivora from the Late Early Pleistocene of Cal Guardiola (Terrassa, Vallès-Penedès Basin, Catalonia, Spain). *Journal of Paleontology*, **6**: 969-974.

Madurell-Malapeira, J.; Aurell, J.; Alba, D.M. y Moyà-Solà, S. (2009b). Los niveles fosilíferos Epivillafranchienses de Vallparadís (Terrassa, Barcelona, España). *Paleolusitana*, **1**: 237-243.

Maguire, J. M.; Pemberton, D. y Collett, M. H. (1980). The Makapansgat Limeworks grey breccia: Hominids, hyaenas, hystricids or hillwash? *Paleontologia Africana*, **23**: 75-98.

Mallegni, F.; Carnieri, C.; Bisconti, M.; Tartarelli, G.; Ricci, S.; Biddittu, I. y Segre, A. (2003). *Homo cepranensis* sp. nov. and the evolution of African-European Middle Pleistocene hominids. *Comptes Rendus Palevo*, **2**:153-154.

Mallol, C. y Carbonell, E. (2008). The collapse of Gran Dolina Cave, Sierra de Atapuerca, Spain: site formation processes of layer TD10-1. *Geoarchaeology: An International Journal*, **23** (1): 13–41.

Manthi, F. K. (2003). The thaphonomy of a micro mammalian faunal assemblage from the Saldanha Bay Yacht Club Site: a contribution to the study of the South African west coast palaeoenvironments. Tesis Doctoral, University of Cape Town.

Manzanares, A. (2003). Guía de campo de las aves rapaces de España. Barcelona, Omega, 272 pp.

Manzi, G.; Mallegni, F. y Ascenzi, A. (2001). A cranium for the earliest Europeans: phylogenetic position of the hominid from Ceprano, Italy. *Proceeding National Academy of Sciences USA*, **98**: 10011-10016.

Marchiafava, V.; Bonucci, E. y Ascenzi, A. (1974). Fungal osteoclasia: a model of dead bone resorption. *Calcified Tissue Research*, **14:** 195–210.

Marean, C. W.; Blumenschine, R.J. y Capaldo, S. (1992). Captive hyena bone choice and destruction, the sclepp effect, and Olduvai archaeofaunas. *Journal of Archaeological Science*, **19**: 101-121.

Maroto, J. M; Galobart, A. y Quintana, J. (2003). Los lagomorfos del Pleistoceno Inferior de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica). *Paleontologia i Evolució*, **34**: 69-77.

Márquez, B.; Ollé, A.; Sala, R. y Vergés, J.M. (2001). Perspectives méthodologiques de l'analyse fonctionnelle des ensembles lithiques du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, **105**: 281-299.

Marti, C. D. y Hogue, J. G. (1979). Selection of prey by size in screech owls. *The Auk*, **96**: 319-327.

Martínez, I.; Arsuaga, J. L.; Quam, R.; Carretero, J. M.; Gracia, A. y Rodríguez, L. (2008). Human hyoid bones from the middle Pleistocene site of the Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, **54**: 118-124.

Martínez, K y García, J. (2008). Vallparadís. Historia dels primers homínids d'Europa. *Tribuna d' arqueologia*, **2007-2008**: 45-68.

Martínez-Navarro, B. (2002). The skull of Orce: parietal bones or frontal bones?. *Journal of Human Evolution*, **43** (2): 265-270.

Martínez-Navarro, B. y Palmqvist, P. (1996). Presence of the African Saber-toothed Felid *Megantereon whitei* (Broom, 1937) (Mammalia, Carnivora, Machairodontinae) in Apollonia-1 (Mygdonia Basin, Macedonia, Greece). *Journal of Archaeological Science*, **23** (6): 869-872.

Martínez-Navarro, B., Turq, A., Agustí, J. y Oms, O. (1997). Fuente Nueva -3 (Orce, Granada, Spain) and the first human occupation of Europe. *Journal of Human Evolution*: **33**: 611-620.

Martínez-Navarro, B.; Claret, A.; Shabel, A. B.; Pérez-Claros, J. A.; Lorenzo, C. y Palmqvist, P. (2005). Early Pleistocene "hominid remains" from southern Spain and the taxonomic assignment of the Cueva Victoria phalanx. *Journal of Human Evolution*, **48**: 517-523.

Martín-Merino, M. A. (2000). Topografía epeleológica en Atapuerca. Cubía, **2**: 40-46.

Martín-Merino, M. A.; Domingo-Mena, S. y Antón-Palacios, T. (1981). Estudio de las cavidades de la zona BU-IV-A (Sierra de Atapuerca). *Kaite*, **2**: 41-76.

Masini, F. y Sala, B. (2007). Large and small mammal distribution patterns and chronostratigraphic boundaries from the Late Pliocene to the Middle Pleistocene of the Italian Peninsula. *Quaternary International*, **160**: 43–56.

Masini, F. y Santini, G. (1991). *Microtus* (*Allophaiomys*) (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) from Cava Pirro (Apricena, Gargano) and other Italian localities. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, **30**: 355-380.

Matthews, T. (2000). Predators, prey and the palaeoenvironment. *South African Journal of Science*, **96**: 23–24.

Matthews, T. (2002). South African micromammals and predators: some comparative results. *Archaeometry*, **44** (3): 363-370.

Matthews, T. (2006). Taphonomic characteristics of micromammals predated by small mammalian carnivores in South Africa: application to fossil accumulations. *Journal of Taphonomy*, **4** (3): 143-161.

Matthews, T.; Denys, C. y Parkington, J. E. (2005). The palaeoecology of the micromammals from the late middle Pleistocene site of Hoedjiespunt 1 (Cape Province, South Africa). *Journal of Human Evolution*, **49** (4): 432-451.

Matthews, T.; Denys, C. y Parkington, J. E. (2006b). An analysis of the mole rats (Mammalia: Rodentia) from Langebaanweg (Mio-Pliocene, South Africa). *Geobios*, **39** (6): 853-864.

Matthews, T.; Parkington, J. y Denys, C. (2006a). The taphonomy of the micromammals from the Late Middle Pleistocene site of Hoedjiespunt 1 (Cape Province, South Africa). *Journal of Taphonomy*, **4** (1): 1-16.

Maul, L. C. y Markova, A. K. (2007). Similarity and regional differences in Quaternary arvicolid evolution in Central and Eastern Europe. *Quaternary International*, **160** (1): 81-99.

Maul, L.; Masini, F.; Abbazzi, L. y Turner, A. (1998). The use of different morphometric data for absolute age calibration of some South- and Middle European arvicolid populations. *Palaeontographia Italica*, **85**: 111-151.

Mayhew, D. F. (1977). Avian predators as accumulators of fossil mammal material. *Boreas*, **6**: 25-31.

Mayne Correia, P. M. (1997). Fire modification of bone: A review of the literature. En: Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains. (W. D. Haglund, y M. H. Sorg, Ed.), CRC Press: 275 -293.

Mayr, G. (2009). Towards the complete bird - the skull of the middle Eocene Messel lithornithid (Aves, Lithornithidae). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, **79**: 169-173.

McGrew, P. 0. (1963). Environmental significance of sharks in the Shotgun Fauna, Paleocene of Wyoming. *Contributions to Geology*, **2**: 39-41.

Mellet, J. S. (1974). Scatological origin of microvertebrate fossil accumulations. *Science*, **185**: 349 -350.

Menéndez, E.; Galobart, A. y Moyà Solà, S. (2003). Rumiantes de los yacimientos del Pleistoceno Inferior de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica). *Paleontologia i Evolució*, **34**: 143-151

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Messager, E.; Lordkipanidze, D.; Kvavadze, E.; Ferring, C. R. y Voinchet, P. (2010). Palaeoenvironmental reconstruction of Dmanisi site (Georgia) based on palaeobotanical data. *Quaternary International*, **Corrected Proof**.

Micozzi, M. S. (1991). Postmortem Change in Human and Animal Remains: a Systematic Approach. Charles C. Thomas, Illinois. 124 pp.

Mikkola, H. (1983). Owls of Europe. Buteo Books, Sussex, 397 pp.

Milankovitch, M. (1930). Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen, Handbuch der Klimalogie Band 1. Teil A Borntrager, Berlin, 559 pp.

Miller, S. E. (1996). Late Quaternary Insects of Rancho La Brea, California, USA. *Quaternary Proceedings*, **5**: 185-191

Mlíkovský, J. (1995). Early Pleistocene birds of Stránská Skála Hill, Czech republic: 1. Musil's talus cone. En: Stránská Skála Hill. Excavation of open-air Sediments, (R. Musil Ed.), Anthropos, Moravian Museum Litera Foundation: 111-126

Mondini, M. (2000). Tafonomía de abrigos boscosos de la Puna. Formación de conjuntos escatológicos por zorros y sus implicaciones arqueológicas. *Archaeofauna*, **9**: 151-164.

Montalvo, C. I. (2002). Taphonomic analysis of the Mio-Pliocene micromammal assemblage (Cerro Azul Formation), Caleufú, La Pampa, Argentina. En: Current topics on taphonomy and fossilization, (M. De Renzi, M. Pardo Alonso, M. Belinchón, E. Peñalver, P. Montoya y A. Márquez-Arriaga, Eds.). International Conference Taphos 2002, Valencia: 353–359.

Montalvo, C. I.; Justo, E.; De Santis, L. (1985). Alimentación de *Tyto alba* (Strigiformes, Tytonidae) en la Provincia de La Pampa. *Neotrópica*, **30** (84): 250–252

Montalvo, C. I.; Pessino, M. E. y Bagatto, F. C. (2008). Taphonomy of the bones of rodent consumed by Andean hod-nosed skuns (*Conepatus chinga*, Carnivora, Mephitidae) in central Argentina. *Journal of Archaeological Science*, **35**: 1481-1488.

Montalvo, C. I. y Tallade, P. O. (2008). Taphonomy of the accumulations produced by *Caracara planus* (Falconidae). Analysis of prey remains and pellets. *Journal of Taphonomy*, **7** (2-3): 235-248

Montalvo, C. I.; Pessino, M. E. M. y González, V. H. (2007). Taphonomic analysis of remains of mammals eaten by pumas (*Puma concolor*, Carnívora, Felidae) in central Argentina. *Journal of Archaeological Science*, **34**: 2151-2160.

Montoya, P., Alberdi, M. T., Barbadillo, L. J., van der Made, J., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz Bustos, A., Sánchez, A., Sanchiz, B., Soria, D. y Szyndlar, Z. (2001). Une faune très diversifiée du Pléistocène inférieur de la Sierra de Quibas (province de Murcia, Espagne).A very diverse Lower Pleistocene faunistic assemblage from Sierra de Quibas (province of Murcia, Spain). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, **332** (6): 387-393.

Montoya, P., Alberdi, M. T., Blázquez, A. M., Barbadillo, L. J., Fumanal, M. P., van der Made, J., Marín, J. M., Molina, A., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz Bustos, A., Sánchez, A., Sanchiz, B., Soria, D. y Szyndlar, Z. (1999). La fauna del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios geológicos*, **55**: 127-161.

Moral, S. (2002). La Cueva del Mirador. La Edad del Bronce en la Sierra de Atapuerca. Editorial Monte Carmelo, Burgos, 160 pp.

Morlan, R. E. (1980). Taphonomy and archaeology in the upper Pleistocene of the northern Yukon Territory: a gimpse of the peopling of the New World. Árchaeological Survey of Canada Paper, Ottawa, **94**: 380 pp.

Morlo, M.; Schall, S.; Mayr, G. y Seiffert, C. (2004). An annotated taxonomic list of the Middle Eocene (MP 11). Vertebrata of Messel, *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **252**: 95-108.

Moullé, P. E.; Echassoux, A. y Lacombat, F. (2006a). Taxonomie du grand canidé de la grotte du Vallonnet (Roquebrune-Cap Martín, Alpes Maritimes, France. *L' Anthropologie*, **110** (5): 832–836.

Moullé, P.-E.; Lacombat, F. y Echassoux, A. (2006b). Apport des grands mammifères de la grotte du Vallonnet (Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes, France) à la connaissance du cadre biochronologique de la seconde moitié du Pléistocène inférieur d'Europe. *L'Anthropologie*, **110** (5): 837-849.

Mourer-Chauviré, C. (1983). Les oiseaux dans les habitats paléolithiques : gibier des hommes ou proies des rapaces ? En: Animals and Archaeology: 2. Shell Middens, fishes and birds, (Grigson C. y J. Clutton-Brock, Eds.), *British Archaeological Series, International Series*, **183**: 111-124.

Mourer-Chauviré, C. (2004). Les oiseaux du Pliocène Supérieur de Saint-Vallier (Drôme, France). *Geobios*, **37** (Supplement 1): S97-S114.

Moyá-Solà, S y Köhler, M (1997). The Orce skull: anatomy of a mistake. *Journal of Human Evolution*, **33**: 91–97.

Müller, A.H. (1979). Fossilization (Taphonomy). En: Tratise on Invertebrate Paleontology, Part A, Introduction (R.A. Robinson y C. Teichert), Geological Society of America & University of Kansas Press: 2-78.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Musil, R. (1995a). Research at the Stránská Skála Hill 1945-1990. En: Stránská Skála Hill. Excavation of open-air Sediments, (R. Musil Ed.). Anthropos, Moravian Museum Litera Foundation: 1-28.

Musil, R. (1995b). Large fauna of talus cone at the Stránská Skála Hill. En: Stránská Skála Hill. Excavation of open-air Sediments, (R. Musil Ed.). Anthropos, Moravian Museum Litera Foundation: 65-84.

Muttoni, G.; Scardia, G.; Kent, D. V.; Swisher, C. C. y Manzi, G. (2009). Pleistocene magnetochronology of early hominin sites at Ceprano and Fontana Ranuccio, Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, **286** (1-2): 255-268.

n

Nabaglo, L. (1973). Rats in the diet of Barn owl. *Journal of Zoology of London*, **189**: 540-545.

Napoleone, G.; Albianelli, A.; Azzaroli, A.; Bertini, A.; Magi, M. y Mazzini M. (2003). Calibration of the Upper Valdarno Basin to the Plio- Pleistocene for correlating the Apennine continental sequences. *Il Quaternario*, **16** (bis):131–166

Nicholson, R. (1993). A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, **20**: 411-428.

Nicholson, R. A. (1998). Bone Degradation in a Compost Heap. *Journal of Archaeological Science*, **25** (5): 393-403.

Nielsen-Marsh, C. M. y Hedges, R. E. M. (2000). Patterns of Diagenesis in Bone I: The Effects of Site Environments. *Journal of Archaeological Science*, **27**: 1139-1150.

Nilsson, I. N. (1984). Prey weight, food overlap, and reproductive output of potentially competing Long eared and Tawny owls. *Ornis Scandin*, **15** (3): 176-182.

Northup, D. E. y Lavoie, K. H. (2001). Geomicrobiology of caves: a review. *Geomicrobiology Journal*, **18**: 199-222.

o

Obermaier, H. (1925). El hombre fósil. Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas, Madrid, **9**: 457 pp.

Ollé, A. (2003). Variabilitat i patrons funcionals en els sistemes tècnics de mode 2. Anàlisi de les deformacions d'ús en los conjunts lítics del Riparo Esterno de Grotta Paglicci (Rignano Garganico, Foggia), Áridos (Arganda, Madrid) i Galería-TN (Sierra de Atapuerca, Burgos). Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Ollé, A.; I. Cáceres, y Vergès, J.M. (2005). Human occupations at Galería site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) after the technological and taphonomical data. En: Les premiers peuplements en Europe. Colloque international: Données récentes sur les modalités de peuplement et sur le cadre chronostratigraphique, géologique et paléogéographique des industries du Paléolithique ancien et moyen en Europe (Rennes, 22-25 septembre 2003). (N. Molines, M.-H. Moncel y J.-L. Monnier, Eds.). *British Archaeological Series, International Series*, **S1364**: 269-280.

Olsen, S. L. (1988). Introduction: Applications of Scanning Electron Microscopy to Archaeology. Scanning Electron Microscopy to Archaeology. *British Archaeological Series, International Series*, **452**: 3-7.

Olsen, S. L. y Shipman, P. (1988). Surface Modification on Bone: Trampling versus Butchery. *Journal of Archaeological Science,* **15**: 535-553.

Olsson, V. (1979). Studies on a population of eagle owls in Southeast Sweden. *Viltrevy*, **11**: 1-99.

Oms, O.; Agustí, J.; Gabàs, M. y Anadón, P. (2000b). Lithostratigraphical corelation of micromammal sites and biostratigraphy of the Upper Pliocene to Lower Pleistocene in the Northeast Guadix-Baza Basin (southern Spain). *Journal of Quaternary Science,* **15** (1): 43-50.

Oms, O.; Dinarès-Turrell, J.; Agustí, J. y Parés, J. M. (1999). Refinements of the european mammal biochronology from the magnetic polarity record of the Plio-Pleistocene Zújar Section, Guadix- Baza Basin, SE Spain. *Quaternary Research*, **51**: 94 -103.

Oms, O.; Parés, J. M.; Martínez-Navarro, B.; Agustí, J.; Toro, I.; Martínez-Fernández, G. y Turq, A. (2000a). Early human occupation of Western Europe: Paleomagnetic dates for two paleolithic sites in Spain. *Proceedings National Acadademy of Sciences,* **97**: 10666-10670.

O'Regan, H. J. y Turner, A. (2004). Biostratigraphic and palaeoecological implications of new fossil felid material from the Plio-Pleistocene site of Tegelen, the Netherlands. *Palaeontology*, **47**: 1181-1193.

Ortega, A. I.; Carretero, J.M.; Juez, L.; García, R.; Gómez, A.; Rodríguez, L.; Pérez, R.; Santos, E.; Ortega, M.C.; Gutierrez-Avellanosa, A.; Ruíz, M. B.; Dorado, M.; Valdemolinos, A.; Pérez-González, A. y Arsuaga, J. L. (2004). Yacimiento del Portalón de Cueva Mayor: revisión de un yacimiento en Cueva. IV Congreso de Arqueología Peninsular. Programa y libro de resúmenes, Faro, Universidad do Algarve, **67**.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Ortega, A. I.; Juez, L.; Carretero, J. M.; Ortega, M. C.; Arsuaga, J. L. y Pérez-González, A. (2008). El Neolítico en la nueva secuencia estratigráfica del yacimiento del Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapueca Burgos). Actas del IV Congreso de Neolítico en la Península Ibérica de Alicante, **1**: 221-229

Ortega, A. I.; Pérez-González, A.; Martín-Merino, M. A.; Carretero, J. M. y Arsuaga, J. L. (2005). El sistema Cueva Mayor-Cueva del Silo: un estudio morfogenético del endokarst de la Sierra de Atapeurca (Burgos, España). En: Geoarqueología y patrimonio en la Península Iberica y el entorno Mediterráneo. (M. Santoja, A. Pérez-González y M. J. Machado, Eds.), ADEMA: 161-179.

Ortega, A. I. (2009). La evolución geomorfológico del karst de la Sierra de Atapuerca (Burgos) y su relación con los yacimientos pleistocenos que contiene.Tesis Doctoral, Universidad de Burgos.

p

Pales, L. y Lambert, C. (1971). Atlas ostéologique pour servir à l'identification des mammifères du Quaternaire. Centre National de la Recherche Scientifique, París.

Palmqvist, P.; De Renzi, M. y Arribas, A. (2002). Taphonomic análisis as a source of paleobiologic information. En: Current topics on taphonomy and fossilization, (M. De Renzi, M. Pardo, M. Belinchón, E. Peñalver, P. Montoya y A. Márquez-Aliaga, Eds.), Ajuntament de Valencia, **5**: 49-58

Palmqvist, P.; Martínez-Navarro, B.; Toro, I.; Espigares, M. P.; Ros-Montoya, S.; Torregrosa, V. y Pérez-Claros, J. A. (2005). Réévaluation de la présence humaine au Pléistocène inférieur dans le Sud de l'Espagne. *L'Anthropologie*, **109** (3): 411-450.

Palmqvist, P.; Pérez-Claros, A.; Gibert, J. y Santamaria, J.L. (1996). Comparative Morphometric study of Human phalanx from the Lower Pleistocene site at Cueva Victoria (Murcia, Spain) by means of Fourier Analysis, Shape Coordinates of Landmarks, Principal and Relative Warps. *Journal of Archaeological Science*, **23**: 95-103

Palmqvist; Gibert, J.; y Santamaría, J. L. (1995). Comparative morphometric of a human phalanx from the Lower Pleistocene site at Cueva Victoria (Murcia, Spain) by means of Fourier analysis, shape coordinates of landmarks and principal warps, *Journal of Archaeological Science*, **23**: 95-107

Palomares, F. y Delibes, M. (1991). Alimentación del meloncillo (*Herpestes ichneumon*) y de la gineta (*Genetta genetta*) en la Reserva Biológica de Doñana, S.O. de la Peninsula Ibérica. *Doñana, Acta Vertebrata*, **18**: 5-20.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Parés, J. M. y Pérez-González, A. (1998). Contexto estratigráfico y cronológico de Gran Dolina (Yacimiento de Atapuerca). Atapuerca y la Evolución Humana. E. Aguirre. Madrid, Fundación Ramón Areces**:** 49-72.

Parés, J. M. y Pérez-González, A. (1995). Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca Archaeological Site, Spain. *Science*, **269**: 830-832.

Parés, J. M. y Pérez-González, A. (1999). Magnetochronology and stratigraphy at Gran Dolina section, Atapuerca (Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 325-342.

Parés, J. M.; Pérez-González, A.; Rosas, A.; Benito, A.; Bermúdez de Castro, J. M.; Carbonell, E. y Huguet, R. (2006). Matuyama-age lithic tools from the Sima del Elefante site, Atapuerca (northern Spain). *Journal of Human Evolution*, **50** (2): 163-169.

Parés, J.M., Pérez-González, A., Weil, A., Arsuaga, J. L., (2000). On the age of the hominid fossils at the Sima de los Huesos, Sierra de Atapuerca, Spain: Paleomagnetic evidence. *Journal of Physical Anthropology*, **111**: 451- 461.

Partridge, T. (1997). Reassessment of the position of the Plio-Pleistocene boundary is there a case for lowering it to Gauss-Matuyama paleomagnetic reversal? *Quaternary International*, **40**: 5-10.

Pasini, G. y Colalongo, M. L. (1997). The Pliocene-Pleistocene Boundary-stratotype at Vrica, Italy. En: The Plesitocene Boundary and the Beginning of the Quaternary. (J. A. Van Couvering Ed.). Cambridge University Press**:** 15-45.

Patou-Mathis, M. (1995). Etude préliminarie de certaines pièces osseuses de Stránská Skála)Moravie) présentant des Stigmates d'intervention humaine. En: Stránská Skála Hill. Excavation of open-air Sediments, (R. Musil Ed.). Anthropos, Moravian Museum Litera Foundation: 169-176

Peretto, C.; Ornella Amore, F.; Antoniazzi, A.; Bahain, J.-J.; Cattani, L.; Cavallini, E.; Esposito, P.; Falguéres, C.; Gagnepain, J.; Hedley, I.; Laurent, M.; Lebreton, V.; Longo, L.; Milliken, S.; Monegatti, P.; Ollè, A.; Pugliese, N.; Renault-Miskovsky, J.; Sozzi, M.; Ungaro, S.; Vannucci, S.; Vergés, J. M.; Wagner, J.-J. y Yokoyama, Y. (1998). L'industrie litique de Ca'Belvedere di Monte Poggiolo: stratigraphie, matière première, typologie, remontages et traces d'utilisation. *L'Anthropologie*, **102**: 343-365.

Pérez-González, A.; Pares, J. M.; Carbonell, E.; Aleixandre, T.; Ortega, A. I.; Benito, A. y Martin Merino, M. A. (2001). Geologie de la Sierra de Atapuerca et stratigraphie des remplissages karstiques de Galeria et Dolina (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, **105** (1): 27-43.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Pérez-González, A.; Parés, J. M.; Gallardo, J.; Aleixandre, T.; Ortega, A. I. y Pinilla, A. (1999). Geología y Estratigrafía del relleno de Galería de la Sierra de Atapuerca (Burgos). En: Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoecología del Yacimiento de Galería. (E. Carbonell, A. Rosas y J. C. Díez. Zamora), Junta de Castilla y León, **7**: 31-42.

Pérez-González, A.; Aleixandre, T.;Pinilla, A.;Gallardo, J.;J.;, B.;Martínez, M. J. y Ortega, A. I. (1995). Aproximación a la estratigrafía de Galería en la trinchera de la Sierra de Atapuerca (Burgos). En: Evolución humana en Europa y los yacimientos de la Sierra de Atapuerca. (J. M. Bermúdez de Castro; J. L. Arsuaga y E. Carbonell, Eds.), Junta de Castilla y León**:** 99-122.

Pérez-Ripoll, M. y Martínez Valle, R. (2001). La caça, l'aprofitament de les preses i el comportament de les comunitats caçadores prehistóriques. En: De Neandertals a Cromanyons. L'inici del poblament humà a les terres valencianes. (V. Villaverde, Ed.), Universitat de València**:** 73-98.

Pharisat, A. (1993). Le contenu des pelotes de régurgitation du hibou moyen-duc (Asio otus) à Etrabonne (Doubs). *Société d'histoire naturelle du Pays de Montbéliard*: 178-190.

Pinto Llona, A. C. y Andrews, P. J. (1999). Amphibian taphonomy and its application to the fossil record of Dolina (middle Pleistocene, Atapuerca, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **149** (1-4): 411-429.

Pinto-Llona, A. C. (1995). Tafonomia de anfibios y su aplicación al registro Pleistoceno de la Trinchera Dolina, (Sierra de Atapuerca, Burgos). Tesis de Licenciatura. Universitat de Barcelona.

Plug, I. (1978). Collecting patterns of six species of vultures (Aves: Accipitridae). *Annals of Trannsvael museum*, **31** (6): 51-63.

Pobiner, B. L. (2007). Hominin-carnivore interactions: evidence from modern Carnivore bone modification and early Pleistocene Archaeofaunas (koobi fora, kenya; olduvai gorge, tanzania). Tesis Doctoral, The State University of New Jersey**.**

Pons-Moyà, J. (1982). Hyaenidae (Carnivora, Mammalia), del Pleistoceno Inferior de Cueva Victoria (Murcia, España). *Endins*, **9**: 45-48

Postigo Mijarra, J. M.; Burjachs, F.; Gómez Manzaneque, F. y Morla, C. (2007). A palaeoecological interpretation of the lower-middle Pleistocene Cal Guardiola site (Terrassa, Barcelona, NE Spain) from the comparative study of wood and pollen samples. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **146** (1-4): 247-264.

Postigo, J. M.; Gómez, F. y Morla, C. (2008). Survival and long-term maintenance of tertiary trees in the Iberian Peninsula during the Pleistocene: first record of Aesculus L. (Hippocastanaceae) in Spain *Vegetation History and Archaeobotany*, **17**: 351-364.

Potter, R. M. y Rossman, G. R. (1979). The manganese and iron-oxide mineralogy of desert varish. *Chemical Geology*, **25**: 79-94.

Potts, R. B. y Shipman, P. (1981). Cutmarks Made by Stone Tools on Bones from Olduvai Gorge, Tanzania. *Nature*, **291**: 577-580.

Prescott L. M.; Harley, J. P. y Klein D. A. (1999). Microbiología. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 1003 pp.

r

Raczynski, J. y Reprecht, A. C. (1974). The effects of digestión on the osteological composition of owl pellets. *Acta ornithol*, **14**: 1-12.

Radulesco, C., (2004). Artiodactyles du Pliocéne et du Pléistocéne inférieur de Roumanie. En: Colloque International: Les Ongulés holarctiques plio-pléistocénes. Avignon, 2000.

Reed, C. y Reed, B.P. (1928) The mechanism of pellet formation in the Greay horned owl. *Science Wash*, **68**: 358-360

Repenning, C. A. y Fejfar, O. (1982). Evidence for earlier date of Ubeidiya, lsrael, hominid site. *Nature*, **299** (5881): 344-347.

Reumer, J.W.F. (1984). Ruscinian and early Pleistocene Soricidae (Insectivora, Mammalia) from Tegelen (The Netherlands) and Hungary. *Scripta Geologica*, **73**: 1-173.

Riser, J. (1999). Le Quaternaire. Géologie et milieux naturels. Dunod, Paris, 320 pp.

Rodríguez Álvarez, X. P. (2004a). Atapuerca y el inicio del Paleolítico Medio en Europa. En: Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre. Paleontología (I), (E. Baquedano y S. Rubio, Ed.). Zona Arqueológica, Museo Arqueológico Regional, **4:** 20-31.

Rodríguez Álvarez, X. P. (2004b). Technical systems of lithic production in the Lower and Middle Pleistocene of the Iberian Peninsula. Technological variability between north-eastern sites and Sierra de Atapuerca sites. *British Archaeological Series, International Series,1323.*

Rodríguez, J. (1997). Análisis de la estructura de las comunidades de mamíferos del Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca. Revisión de metodologías. Tesis Doctoral Universidad Autónoma, Madrid.

Rodríguez, J. (2001). Structure de la communauté de mammifères pléistocènes de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, **105**: 131-157.

Rodríguez, J. (2004). Stability in Pleistocene Mediterranean mammalian communities. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **207**: 1-22.

Rodríguez, J. (2006). Structural continuity and multiple alternative stable states in Middle Pleistocene European mammalian communities. *Paleogeography, palaeoclimatology, palaeoecology,* **239**: 355-373.

Rodríguez, J.; Burjachs, F.; Cuenca-Bescós, G.; García, N.; Van der Made, J.; Pérez-González, A.; Blain, H. A.; Expósito, I.; López-García, J. M.; García-Antón, M.; Allué, E.; Cáceres, I.; Huguet, R.; Mosquera, M.; Ollé, A.; Rosell, J.; Parés, J.M.; Rodríguez, X. P.; Díez, J. C.; Rofes, J.; Sala, R.; Saladié, P.; Vallverdú, J.; Bennàsar, M. L.; Blasco, R.; Carbonell, E. y Bermúdez de Castro, J. M. (2010). One million years of cultural evolution in a stable environment at Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary Science Reviews*. doi:10.1016/j.quascirev.2010.02.021

Roebroeks, W. y Kolfschoten, V. T. (1995). The earliest occupation of Europe: a reappraisal of artefactual and chronological evidence. En: The earliest occupation of Europe: Proceedings of the European Science foundation workshop at Tautavel. (W. Roebroeks y T. Kolfschoten van Eds.), University of Leiden**:** 297-315.

Rofes, J. (2009). Los sorícidos (Mammalia, Eulipotyphla) del Pleistoceno Inferior de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, Burgos, España. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.

Rofes, J. y Cuenca-Bescós, G. (2006). First evidence of the soricidae (Mammalia) Asoriculus gibberodon (Petényi, 1864) in the Pleistocene of North Iberia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia,* **112** (2): 301-315.

Rofes, J. y Cuenca-Bescós, G. (2009). A new genus of red-toothed shrew (Mammalia, Soricidae) from the Early Pleistocene of Gran Dolina (Atapuerca, Burgos, Spain), and a phylogenetic approach to the Eurasiatic Soricinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **155**: 904–925.

Rofes, J. y Cuenca-Bescós, G. (2010). Evolutionary history and biogeography of the genus Crocidura (Mammalia, Soricidae) in Europe, with emphasis on *Crocidura kornfeldi. Mammalian biology,* **DOI:** 10.1016/j.mambio.2009.12.001.

Rook L.; Martinez-Navarro B. y Howell C. (2004). occurrence of *Theropithecus* sp. in the Late Villafranchian of Southern Italy and implication for Early Pleistocene ‘‘out of Africa’’ dispersals. *Journal of Human Evolution*, **47**: 267-277.

Rook, L. (1995). *Pannonictis nestii* (Carnivora, Mammali) from the late Villafranchian of Piedrafitta (Umbria, Italy). Preliminary note. *Eclogae geologica Helvetia*, **88** (3): 853-864

Rook, L. y Sardella, R. (2005). *Hystrix refossa gervais*, 1852 from Pirro Nord (Early Pleistoccene, Southern Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia,* **111** (3): 485-492.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Rosas, A. y Bermúdez de Castro, J. M. (1999). Descripción y posición evolutiva de la mandíbula AT76-T1H del yacimiento de Galería (sierra de Atapuerca). En: Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoecología del Yacimiento de Galería.(E. Carbonell, A. Rosas y J.C. Díez, Eds.) Junta de Castilla y León: 237-243

Rosas, A. y Bermúdez de Castro, J. M. (1998). On the taxonomic affi nities of the Dmanisi mandible (Georgia). *America Journal of Phisical Anthropology*, **107**: 145-162.

Rosas, A.; Huguet, R.; Pérez-González, A.; Carbonell, E.; Bermúdez de Castro, J. M.; Vallverdú, J.; Van der Made, J.; Allué, E.; García, N.; Martínez-Pérez, R.; Rodríguez, J.; Sala, R.; Saladié, P.; Benito, A.; Martínez-Maza, C.; Bastir, M.; Sánchez, A. y Parés, J. M. (2006). The Sima del Elefante cave site at Atapuerca (Spain). *Estudios Geológicos*, **62** (1): 327-348.

Rosas, A.; Huguet, R.; Pérez-González, A.; Carbonell, E.; Vallverdú, J.; van der Made, J.; Allué, E.; García, N.; Martínez-Pérez, R.; Rodríguez, J.; Sala, R.; Saladié, P.; Simón, G.; Martínez-Maza, C.; Bastir, M.; Sánchez, A. y Parés, J. M. (2004). Initial approach to the site formation and Paleoecology of the "Sima del Elefante": a Pleistocene karst locality at Atapuerca Hill. En: Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre. Geología, (E. Baquedano y S. Rubio, Ed.). Zona Arqueológica, Museo Arqueológico Regional, **2:** 135-155.

Rosas, A.; Pérez-González, A.; Carbonell, E.; Van der Made, J.; Sanchez, A.; Laplana, C.; Cuenca, G.; Parés, J. M. y Huguet, R. (2001). Le gisement pléistocène de la "Sima del Elefante" (Sierra de Atapuerca, Espagne). *L'Anthropologie*, **105**: 301-312.

Rosell, J. (1993). Impacte Biològic a la Base de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos). Tesi de Llicenciatura, Universitat Rovira i Virgili. Tarragona..

Rosell, J. (2001). Patrons d'aprofitament de les biomasses animals durant el Pleistocè Inferior i Mig (Sierra de Atapuerca, Burgos) i Superior (Abric Romaní, Barcelona). Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Rosell, J.; Cáceres, I. y Huguet, R. (1998). Systèmes d'occupation anthropique pendant le pléistocene infèrieur et moyen à la Sierra de Atapuerca (Burgos, Espagne). *Quaternaire*, **9** (4): 355-360.

Rosenberg, K.V. y Cooper. R. J. (1990). Approaches to avian diet analysis. *Studies in Avian Biology*, **13**: 80-90.

Rudwick, M. J. S. (1971). The meaning of fossils. Episodes in the History of Palaeontology. University Of Chicago Press, (2 edition, 1985), 304 pp.

Ruiz Bustos, A. y Sesé, C. (1985). Evolución de los géneros *Mimomys*, *Arvicola* y *Allophaiomys* (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) en el Plioceno y Pleistoceno de la Península Ibérica. *Estudios Geológicos*, **41**: 99-104.

Ruiz Bustos, A.; Sesé, C.; Dabrio, C.; Peña, J. A. y Padial. J. (1984). Geología y fauna de micromamíferos del nuevo yacimiento del Plioceno Inferior de Gorafe- A (Depresión de Guadix-Baza, Granada). *Estudios Geológicos*, **40**: 231-241.

Ruiz Zapata, M. B., Ortega, A.I., Dorado, M., Valdeolmillos, A., Carretero, J. M., Gil García, M. J., Pérez González, A. y Arsuaga, J. L. (2006). Vegetación y clima durante el Pleistoceno Superior en Atapuerca: análisis polínico del perfil ATP-0 (Portalón de Cueva Mayor). En: E. Fernández- Martínez. *XXII Jornadas de la Sociedad Epañola de Paleontología. Libro de Resúmenes.* León, Universidad de León**:** 80-81.

Ruiz Zapata, M. B.; Ortega, A. I.; Dorado, M.; Valdeolmillos, A.; Gil García, M. J.; Arsuaga, J. L.; Carretero, J. M.; Martínez, I. y Pérez Gonzalez, A. (1993). Vegetational history during Bronze and Iron Age in Portalón Cave (Sierra deAtapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region*: 99-106.

Rutherford, S.D., yS. D'Hondt (2000). Early onset and tropical forcing of 100,000 year Pleistocene glacial cycles. *Nature*, **408**: 72-75.

S

Saladié, P. (2009). Mossegades d'omnívors. Aproximació experimental i aplicació zooarqueològica a la Sierra de Atapuerca. Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Salmon, W. C. (1984). Scientific explanation and the causal structure of the world. Pricenton University Press, Pricenton, 321 pp.

Sánchez Cepeda, S.; Sánchez Cabrero, C. y Ibarra, W. (1987). Variación estacional en la dieta del Cárabo. *Alytes,* **5**: 73-86.

Sánchez, B. y Cerdeño, E. (1999). Perissodactyla del yacimiento del Pleistoceno Medio de Galería (Sierra de Atapuerca). En: Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoecología del Yacimiento de Galería. (E. Carbonell, A. Rosas y J. C. Díez, Eds.), Junta de Castilla y León, **7**: 169-174.

Sánchez-Marco, A. (1987). Aves fósiles de Atapuerca. En: El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca. (E. Aguirre, E. Carbonell y J. M. Bermúdez de Castro, Eds.), Junta de Castilla y León, **1**: 67-74.

Sánchez-Marco, A. (1995). Las aves de la unidad estratigráfica TG-11 de la Galería (sierra de Atapuerca, Burgos, España) En: Actas de Evolución humana en Europa y los yacimientos de la Sierra de Atapuerca. (J.M. Bermúdez, E.Carbonell, J.L. Arsuaga, Eds.), Junta de Castilla y León, Valladolid. : 137-146.

Sánchez-Marco, A. (1999). Implications of the avian fauna for paleoecology in the Early Pleistocene of the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution*, **37** (3-4): 375-388.

Sánchez-Marco, A. (2002). Aves fósiles de la Península Ibérica. *Quercus*, **191**: 28-41.

Sánchez-Marco, A. (2004). Avian zoogeographical patterns during the Quaternary in the Mediterranean region and paleoclimatic interpretation. *Ardeola*, **51**(1): 91-132.

Sardella, R.; Caloi, L; Di Stefano, G.; Palombo, M.R.; Petronio, C.; Abbazzi, L.; Azzaroli, A.; Ficcarelli, G.; Mazza, P.; Mezzabotta, C.; Rook, L.; Torre, D.; Argenti, P.; Capasso Barbato, L.; Kotsakis, T.; Gliozzi, E.; Masini, F. y Sala, B. (1998). Mammal faunal Turnover in Italy from the Middle Pliocene to the Holocene. En: The dawn of the Quaternary, (Th. Van Kolfschoten y P. L. Gibbard, Eds.), Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen, **60**: 499-512.

Schmitt, D. N. y Juell, K. E. (1994). Towards the identification of coyote scatological faunal accumulations in archaeological context. *Journal of Archaeological Science*, **21**: 249-262.

Scott, G. R.; Gibert, L. y Gibert, J. (2007). Magnetostratigraphy of the Orce region (Baza Basin), SE Spain: New chronologies for Early Pleistocene faunas and hominid occupation sites. *Quaternary Science Reviews*, **26** (3-4): 415-435.

Seilacher, A. (1973). Biostratinomy: The sedimentology of biologically standarized particles. En: Evolving concepts in Sedimentology (R.N. Ginsburg, Ed.), Johns Hopkins University Press: 159-177.

Selvaggio, M. M. (1994). Carnivore tooth marks and stone tool butchery marks on scavenged bones: archaeological implications. *Journal of Human Evolution*, **27** (1-3): 215-228.

Selvaggio, M. M. y Wilder, J. (2001). Identifying the involvement of multiple carnivore taxa with archaeological bone assemblages. *Journal of Archaeological Science*, **28** (5): 465-470.

Sémah, A. M. y Renault-Miskovsky, J. (2004). L'évolution de la végétation depuis deus millions d'années. Editions Errance, Paris, 316 pp.

Sesé, C. (1989). Micromamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la cuenca de Guadix-Baza (Granada). En: Geología y Paleontología de la Cuenca de Guadix-Baza, (M. T. Alberdi y F. P. Bonadonna, Eds.). Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*:* **11**: 185-213.

Sesé, C. (1991). Interpretación paleoclimática de las faunas de micromamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la cuenca de Guadix-Baza (Granada, España). *Estudios Geológicos*, **47**: 73-83.

Sesé, C. (2005). Aportación de los micromamíferos al conocimiento paleoambiental del Pleistoceno Superior en la Región Cantábrica: Nuevos datos y síntesis. *Monografías. Museo de Altamira,* **20**: 167-200.

Sesé, C. (2006). Los roedores y lagomorfos del Neógeno de España. *Estudios Geológicos,* **62** (1): 429-480.

Sesé, C. y Sevilla, P. (1996). Los micromamíferos del cuaternario peninsular español: cronoestratigrafía e implicaciones biostratigráficas. *Revista Española de Paleontología,* **Nº Extraordinario**: 278-287.

Sesé, C.; Alberdi, M. T.; Mazo, A. y Morales, J. (2001). Mamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la Cuenca de Guadix-Baza (Granada, España): revisión de las asociaciones faunísticas. *Paleontologia i Evolució,* **32-33**: 31-36.

Sevilla, P. (1988). Estudio paleontológico de los quirópteros del Cuaternario español. *Paleontologia i Evolució,* **22**: 113-233.

Shackleton, N. J. (1967). Oxygen isotope analyses and plesitocene temperatures re-assesed. *Nature,* **218**: 15-17.

Shackleton, N. J. y Opdyke, N. D. (1973). Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific cores V28-238. Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10(5) and 10(6) year scale. *Quaternary Research,* **3**: 39-55.

Shahack-Gross, R.; Bar-Yosef, O. y Weiner, S. (1997). Black-coloured bones in Hayonim Cave, Israel: differentiating between burning and oxide staining. *Journal of Archaeological Science*, **24**: 439-46.

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal,* **27**: 379-423.

Shchelinsky, V. E.; Dodonov, A. E.; Baigusheva, V. S.; Kulakov, S. A.; Simakova, A. N.; Tesakov, A. S. y Titov, V. V. (2010). Early Palaeolithic sites on the Taman Peninsula (Southern Azov Sea region, Russia): Bogatyri/Sinyaya Balka and Rodniki. *Quaternary International,* **In Press, Corrected Proof**.

Shipman, P. (1981). Life history of a fossil. An introduction to Taphonomy and Paleoecology. Harvard University Press, Massachusetts, 232 pp.

Shipman, P. y Rose, J. (1983a). Evidence of Butchery and Hominid Activities at Torralba and Ambrona: An evaluation using Microscopic Techniques. *Journal of Archaeological Science*, **10**: 465- 474.

Shipman, P. y Rose, J. (1983b). Early hominid hunting, butchering, and carcass-processing behaviors: approaches to the fossil record. *Journal of Anthropological Archaeology*, **2**: 57-98.

Shipman, P. y Rose, J. J. (1984). Cutmark mimics on modern and fossil bovid bones. *Current Anthropology*, **25**: 116-117.

Shipman, P.; Foster, G. y Schoeninger, M. (1984). Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science*, **11**: 307-325.

Simpson, G. G. (1970). Uniformitarianism. An inquiry into principle, theory, and method in geohistory and biohistory. En: Essays in evolution and genetics in honor of Theodosius Dobzhansky. (M. K. Hecht y W. C. Steere Ed.), Appleton-Century Crofts: 43-96.

Smith, C. R. y Richmond, M. E. (1972). Factors influencing pellet digestion and gastric pH in the Barn Owl. *Wilson Bulletin*, **84**: 179.186.

Southern, H. N. (1954). Tawny owls and their prey. *Ibis*, **96**: 348-410

Southern, H. N. y Lowe, V. P. W. (1968). The pattern of distribution of prey and predation in Tawny Owl territories. *Journal of Animal Ecology*, **37**: 75-97.

Spaan, A. (1992). A revision of the deer from Tegelen (province of Limburg, The Netherlands). *Scripta Geologica*, **98**: 1-85.

Spenneman, D. H. y Colley, S. M. (1989). Fire in a pit: The effects of burning on faunal remains. *Archaeozoologia*, **III**(1/2): 51-64.

Stewart, J. R. y Lister, A. M. (2001). Cryptic northern refugia and the origins of the moderns biota. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**: 608-613.

Stiner, M. C. (1994). Honour Among Thieves. A Zooarchaeological Study of Neandertal Ecology. Princeton University Press, Princeton, 448 pp.

Stoetzel, E. (2009). Les microvertebres du site d'occupation humaine d'El Harhoura 2 (Pleistocene Superieur – Holocene, Maroc) : systematique, evolution, taphonomie et paleoecologie. Tesis Doctoral, Museum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Stringer, C. y Andrews, P. (2005). La evolución humana. Akal, Madrid. 240 pp.

Suc, J. P. (1984). Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. *Nature*, **307** (2): 429-432.

Suc, J. P. y Zagwijn, W. H. (1983). Plio-Pleistocene correlations between the northwestern Mediterranean region and northwestern Europe according to recent biostratigraphic and paleoclimatic data. *Boreas*, **12**: 153-166.

Suc, J.P.; Bertini, A.; Leroy, S. A. G. y Suballyova, D. (1997). Towards the lowering of the Pliocene-Pleistocene Boundary to the Gauss-Matuyama Reversal. *Quaternary International*, **40**: 37-42.

Svobodová, H. (1995). Pollen analysis of the Cromerian interglacial from the site Stránská Skála I. En: Stránská Skála Hill. Excavation of open-air Sediments, (R. Musil Ed.), Anthropos, Moravian Museum Litera Foundation: 145-148

Szafer, W. (1957). Subfossil storechamber of the hamster in Mielnik on the river Bug in Poland. *Acta societatis botanicorum poloniae*, **26** (1): 105-128.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

t

Tappen, M. (1994). Bone weathering in the tropical rain forest. *Journal of Archaeological Science*, **21**: 667 -673.

Tappen, M.; Adler, D. S.; Ferring, C. R.; Gabunia, M.; Vekua, A. y Swisher III, C. C. (2002). Akhalkalaki: the taphonomy of an early Pleistocene locality in the Republic of Georgia. *Journal of Archaeological Science,* **29:** 1-24.

Tasch, P. (1965). Communications Theory and the Fossil Record of Invertebrate. *Transactions of the Kansas Academy of Sciences*, **68** (2): 322-329.

Tauxe, L.; Opdyke, N. D.; Pasini, G. y Elmi, C. (1983). Age of the Plio-Pleistocene Boundary in the Vrica Seccion, Southern Italy. *Nature,* **304**: 125-129.

Terradillos, M. y Moncel, M. H. (2004). Contribution à l'étude de la technologie du Paléolithique «archaïque» du sud de l'Europe selon le Système Logique Analytique (SLA). Application aux sites du Vallonnet (Roquebrune-Cap-Martin, France), de Gran Dolina TD6 (Burgos, Espagne), de Ca'Belvedere de Monte Poggiolo (Forli, Italie) et de Barranco Léon et Fuente Nueva 3 (Orce, Espagne). *L'Anthropologie*, **108** (3-4): 307-329.

Tesakov, A. S. (1998). Voles of the Tegelen fauna. *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO,* **60**: 71-134.

Thorne, B. L. y Kimsey, R. B. (1983). Attraction of neotropical nasutitermes termites to carrion. *Biotropica,* **15** (4): 295–296.

Thouveny, N. y Bonifay, E. (1984). New chronological data on European Plio-Pleistocene faunas and hominid occupation sites. *Nature,* **308**: 355-358.

Tood, L. C. (1983). Taphonomy: Fleshing out of the dry bones of plains prehistory. *The Wyoming Archaeologist*, **26** (3-4): 36-46.

Toots, H. (1965). Sequence of disarticulation in mammalian skeletons. *Contributions to geology*, **4** (1): 37 -39.

Toro, I.; De Lumley, H.; Barsky, D.; Celiberti, V.; Cauche, D.; Moncel, M. H.; Fajardo, B. y Toro, M. (2003). Las industrias líticas de Barranco León y Fuente Nueva 3 de Orce. Estudio técnico y tipológico. Las cadenas operativas. Análisis traceológico. Resultados preliminares. En: El Pleistoceno Inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada), (I. Toro, J. Agustí y B. Martinez-Navarro, Eds.), Memoria scientifica campañas 1999-2002, Junta de Andalucia, 183–206.

Toro-Moyano, I.; de Lumley, H.; Fajardo, B.; Barsky, D.; Cauche, D.; Celiberti, V.; Grégoire, S.; Martinez-Navarro, B.; Espigares, M. P. y Ros-Montoya, S. (2009). L'industrie lithique des gisements du Pléistocène inférieur de Barranco León et Fuente Nueva 3 à Orce, Grenade, Espagne. *L'Anthropologie*, **113** (1): 111-124.

Torre, D.; Ficcarelli, G.; Masini, F.; Rook, L. y Sala, B. (1992). Mammal dispersal events in the early Pleistoceno of Western Europe. En: Mammalian migration and dispersal events in the European Quaternary (W. V. Koenigswald y L. Werdelin, Eds.). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **153**: 51-58.

Torre, I.; Ballesteros, T. y Degollada, A. (2003). Cambios en la dieta de la Gineta (*Genetta genetta* Linnaeus, 1758) con relación a la disponibilidad de micromamíferos: ¿posible preferencia por el topillo rojo?. *Galemys*, **15**: 25-36.

Torres, J. M.; Borja, C. y Olivares, E. G. (2002). Immunoglobulin G in 1·6 Million-year-old Fossil Bones from Venta Micena (Granada, Spain). *Journal of Archaeological Science*, **29** (2): 167-175.

Trueman C. M. y Martill, D. M. (2002). The long term preservation of bone: the role of bioerosion. *Archaeometry*, **44**: 371-382.

Trueman, C. N. G.; Behrensmeyer, A. K.; Tuross, N. y Weiner, S. (2004). Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. *Journal of Archaeological Science*, **31** (6): 721-739.

Turner-Walker, G. y Jans, M. (2008). Reconstructing taphonomic histories using histological analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **266** (3-4): 227-235.

Turner-Walker, G., Nielsen-Marsh, C.M., Syversen, U., Kars, H., Collins, M.J., (2002). Submicron spongiform porosity is the major ultra-structural alteration occurring in archaeological bone. *International Journal of Osteoarchaeology*, **12** (6): 407–414.

u

Uriarte, A. (2003). Historia del clima de la Tierra. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco: 306 pp.

v

Valli, A. M. F. (2004). Étude taphonomique et genèse du gisement Pliocéne Supérieur (Villafranchien moyen) de Saint-Vallier (Drôme, France). *Geobios*, **37**: 323-348.

Vallverdú, J. (2001). Micromorfología de las facies sedimentarias de la Sierra de Atapuerca y del nivel J del Abric Romaní. Implicaciones geoarqueológicas y paleoetnográficas. Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Valoch, K. (1995). Early human activities at the Stránská Skála Hill. En: Stránská Skála Hill. Excavation of open-air Sediments, (R. Musil Ed.), Anthropos, Moravian Museum Litera Foundation: 159-168

Vandenberghe, J. y Kasse, C. (1989). Periglacial environments during the Early Pleistocene in the Southern Netherlands and Northern Belgium. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **72**: 133-139.

Vázquez, M. (1998). La historia del Sol y el cambio climático. McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid, 512 pp.

Vekua, A.; Lordkipanidze, D.; Rightmire, G. P.; Agustí, J.; Ferring, R.; Maisuradze, G.; Mouskhelishvili, A.; Nioradze, M.; Ponce de León, M.; Tappen, M.; Tvalchrelidze, M. y Zollikofer, C. (2002). A new skull of Early *Homo* from Dmanisi, Georgia. *Science*, **297**: 85-89.

Vera J.A., Fernández J., López-Garrido C.A. & Rodríguez-Fernández J. 1985 - Geología y estratigrafía de los materiales plioceno-pleistocenos del sector de Orce-Venta Micena (Prov. Granada). *Paleontologia i Evolució*, **18**: 3-11.

Vergés, J. M. (2003). Caracterització dels models d'instrumental lític del mode 1 a partir de les dades de l'anàlis funcional dels conjunts litotècnics d'Aïn Hanechi El-Kherba (Algèria), Monte Poggiolo i Isernia la Pineta (Itàlia). Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Vergés, J. M.; Allué, E.; Angelucci, D.; Burjachs, F.; Carrancho, A.; Cabanes, D.; Cebrià, A.; Expósito, I.; Fontanals, M.; Moral, S.; Rodríguez, A. y Vaquero, M. (2008). Los niveles neolíticos de la Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos): nuevos datos sobre la implantación y desarrollo de la economia agropecuaria en la Submeseta Norte. En: Actas del IV Congreso de Neolítico en la Península Ibérica (M. Hernández Pérez, J. Soler y J. López, Eds.), Diputación Provincial de Alicante, **1**: 418-427

Vergés, J. M.; Allué, E.; Angelucci, D.; Cebrià, A.; Díez, C.; Fontanals, M.; Manyanòs, A.; Montero, S.; Moral, S.; Vaquero, M. y Zaragoza, J. (2002). La Sierra de Atapuerca durante el Holoceno: datos preliminares sobre las ocupaciones de la Edad del Bronce en la Cueva de El Mirador (Ibeas de Juarros, Burgos). *Trabajos de Prehistoria*, **59**: 107-126.

Vila, B.; Ros, X.; Maroto, J. y Galobart, A. (2003). Descripción del material de hipopótamo ("*Hippopotamus antiquus*" Desmarest, 1822) de los yacimientos del Pleistoceno Inferior de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica). *Paleontologia i Evolució*, **34**: 153-173

Villa, P. y Courtin, J. (1983). The interpretation of stratified sites: a view from underground. *Journal of Archaeological Science*, **10**: 267-281.

Villarán, A. y Medina, C. (1983). Alimentación del Cárabo (*Strix aluco* L. 1758) en España. *Alytes*, **1**: 291-306.

ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010

Virgós, E.; Llorente M. y Cortés, Y. (1999). Geographical variation in genet (*Genetta genetta*) diet: a literature review. *Mammal Review*, **29**: 119-128.

Voorhies, M. R. (1974). Fossil pocket mouse burrows in Nebraska. *American Midland naturalist*, **91**: 492-498.

Vrba, E. (1995). On the connections between paleoclimate and evolution. En: Paleoclimate and evolution with emphasis on human origins, (E. Vrba, G. H. Denton, T. Partridge y L. H. Burckle, Eds.). New Haven and London, Yale University Press, 24-48.

w

Weigelt, J. (1927). Rezente wirbeltierleichen und ihre paläobiologische bedeutung . Traducido por J. Schaefer en 1989 (Recent Vertebrate Carcasses and their paleobiological implications). Verlag von Max Weg, Leipzig, 227 pp.

Weissbrod, L.; Dayan, T.; Kaufman, D. y Weinstein-Evron, M. (2004). Micromammal taphonomy of el Wad Terrace, Mount Carmel, Israel: distinguishing cultural from natural depositional agents in the Late Natufian. *Journal of Archaelogical Science*, **32**: 1-17.

White, T. D. (1995). African Omnivores: global climatic change and Plio-Pleistocene hominids and suids. En: Paleoclimate and Evolution with Emphasis on Human Origins. (E. Vrba, G. H. Denton, T. Partridge y L. H. Burckle, Eds.). New Haven and London, Yale University Press, 369-384.

Willemsen, G. F. (1988). *Mustela* and *Enhydrictis* (Carnivora, Mustelidae) from Tegelen (The Netherlands), *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen Series B Physical Sciences*, **83**: 310–326.

Willgohs, J. F. (1974). The eagle owl (*Bubo bubo*) in Norway. *Sterna*, **13**: 129-177.

Wójcik, J.M. y Wolsan, M. (1998). Introduction. En: Evolution of shrews, (J.M. Wójcik y M. Wolsan, Eds.), Polish Academy of Sciences, 1-4.

Wolff, R. G. (1973). Hydrodynamic Sorting and Ecology of a Pleistocene Mammalian Assemblage from California (U.S.A.). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **13**: 91 -101.

y

Yalden, D. W. (1985). Dietary separation of owls in the Peak district. *Bird Study*, **32**: 122-131.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-1/DL:T-1401-2013

Yellen, J. E. (1991). Small Mammals: Post-discard Pattering of Kung San Faunal Remains. *Journal of Anthropological Archaeology*, **10**:152-192.

Yokoyama, Y.; Bibron, R. y Falguères, C. (1988). Datation absolue des planchers stalagmitiques de la grotte du Vallonnet à Roquebrune-Cap-Martin (Alpes-Maritimes, France), par la résonance de spin électronique (ESR). *L'Anthropologie*, **92**: 429-436.

Yoshino, M.; Kimijima, T.; Miyasaka, S.; Sato, H. y Seta, S. (1991). Microscopical study on time since death in skeletal remains. *Forensic Science International*, **49**: 143–158.

Z

Zachariasse, W. J., L. Gudjonsson, F. J. Hilgen, C. G. Langereis, L. J. Lourens, P. J. J. M. Verhallen, y Zijderveld, J. D. A. (1990). Late Gauss to Early Matuyama Invasions of *Neogloboquadrina Atlantica* in the Mediterranean and Associated Record of Climatic Change, *Paleoceanography*, **5** (2): 239–252.

Zagwijn, W. H. (1960). Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands. *Mededelingen van de Geologische Stichting*, Serie C-III-1, **5**: 1-78.

Zagwijn, W. H. (1963). Pollen-analytic investigations in the Tiglian of the Netherlands. *Mededelingen Geologische Stichting*, **16**: 49 -72.

Zagwijn, W. H. (1974). The Pliocene-Pleistocene boundary in western and southern Europe. *Boreas*, **3**: 75-97.

Zaqwijn, W. H. (1997). The Neogen- Quaternary boundary in the Netherlands. En: The Pleistocene Boundary and the Beginning of the Quaternary. (John A. Van Couvering Ed.). Cambridge University Press, 185-190.

Zalewski, A. (1994). Diet of urban and suburban Tawny Owls (*Strix aluco*) in the breeding season. *Journal of Raptor Research*, **28**: 246.

Zazo, C.; Goy, J.L. y Hoyos, M. (1983). Estudio geomorfológico de 1os alrededores de la Sierra de Atapuerca (Burgos). *Estudios Geológicos*, **39**: 179-185.

Zazo, C.; Goy, J.L. y Hoyos, M., (1987). Contexto geologico y geomorfologico. En : El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca. (E. Aguirre, E. Carbonell, J.M. Bermudez de Castro, Eds.), Junta de Castilla y León: 41-46.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TAFONOMÍA DE MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA SIERRA DE ATAPUERCA (BURGOS):
LA SIMA DEL ELEFANTE Y LA GRAN DOLINA
Maria Bennàsar Serra
ISBN:978-84-693-5412-4/DL:T-1401-2010