



**Universitat Rovira i Virgili**

Departament d'Història i Història de l'Art

Màster en Arqueologia del Quaternari i Evolució Humana (Erasmus Mundus)



Istruzione e cultura

**Erasmus Mundus**



**International Master in  
QUATERNARY AND PREHISTORY**

Tesis de Máster:

**Análisis tafonómico y zooarqueológico del registro  
faunístico del subnivel TD10.4 de Gran Dolina (Sierra de  
Atapuerca, Burgos)**

Javier Villalobos Ruiz

**Director/s: Antonio Rodríguez-Hidalgo y Palmira Saladié Ballesté**

*Curso académico 2021/2022*





## Agradecimientos

Estos dos últimos años de mi vida han sido una gran travesía llena de experiencias que concluyen ahora. Estas palabras consisten en agradecer y yo personalmente, tengo mucho que agradecerle a la vida, todo lo que me ha dado y a las personas que estuvieron, están y estarán en ella, sobre todo a aquellas que permanecen.

Primeramente, me gustaría agradecer Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES) y al equipo de Atapuerca por permitirme estudiar los materiales y participar en este gran proyecto, ha sido un sueño cumplido poder excavar en este lugar.

Gracias a los directores de este trabajo, Antonio y Palmira, por todo lo que me habéis aportado tanto académicamente como personalmente, nada de esto hubiera sido posible sin vuestra ayuda y esfuerzo. Sois mis ejemplos a seguir y mi motivación en este camino. A ti Antonio, por confiar en mí desde el principio, ni siquiera me conocías y apostaste por ese joven Padawan. Quién me iba a decir a mí que gracias a ti iba a encontrar mi vocación en un rinconcito de Extremadura y ahora estamos aquí luchando por ello, como tú mismo me dijiste: “Mala hierba nunca muere”. A ti Palmira, por todo tu apoyo desde que me conociste en la Boella y permitirme formar parte de esto. Tus palabras siempre me calman y nunca me olvidaré de ellas: “Eres una persona con estrella”, y si, pero sobre todo intento rodearme de personas con ella como tú.

También agradecer a todas esas personas que he conocido en el IPHES que me han ayudado. A Rosa, Isa y Juan Marín por su colaboración y consejos en aspectos de la materia, a María Guillén por su ayuda con la fotografía y a Juan por su contribución a aprender a usar el Hirox, aunque bueno no solo eso, te considero un amigo, gracias por tu apoyo y charlas durante estos dos años. Y gracias al resto de personas del IPHES y Máster por su apoyo y amistad, os llevo a muchos en el corazón, sois tantos que sería injusto si me dejase a alguno en el tintero. Vuestra compañía ha hecho más ameno todos esos días de trabajo (aunque no sé yo si mientras es lo más adecuado escuchar podcasts de crímenes).

Gracias a Adrián por acompañarme durante estos dos años y el tiempo vivido juntos (es difícil aguantarme tanto tiempo). A Edgar y Toni por hacer de anfitriones en mi mudanza a Tarragona, os tengo mucho aprecio, me habéis ayudado desde el principio y no sé qué sería de mí sin nuestras charlas infinitas y consejos en los malos momentos. A Rodrigo, por su apoyo

en la distancia o durante sus idas y venidas por nuestras tierras, siempre levantándome el ánimo. También, he conocido nuevas personas en Cataluña importantes para mí y a las que quiero agradecer esos agradables momentos vividos y el apoyo en esta recta final.

Y qué decir de Málaga y todo lo que allí tengo, mis sueños por los que luché me hicieron venir hasta aquí y alejarme de mi casa. Me gustaría agradecer a todos esos amigos que siempre han estado ahí y que extraño tanto, especialmente a los “Rials”, algunos lleváis acompañándome toda la vida. Gracias a Pepe Suárez y al equipo de “Cuevas de la Araña”, Julián y Olga, por confiar en mí y querer verme crecer en la arqueología.

Gracias a mi familia, mis tíos, primos y abuelas por ser los mayores fans del “Indiana Jones o el viajero” que siempre está por ahí y nunca está por casa (aunque alguna me visite hasta en París). A mis padres Rosario y Diego por apoyarme siempre en las decisiones que tomo, os quiero mucho, aunque a veces me cueste mostrarlo. Gracias a mi padre por poner un poco de cordura a esta locura y a mi madre por entenderme como nadie lo hace. A Diego, mi hermano y mi amigo, compañero de aventuras y de peleas, espero que estés orgulloso de mí y lo siento, pero el pequeño siempre lleva las de ganar, te quiero. Y no podía faltar mi fiel compañera de vida, Duna, la alegría de la casa y de mi vida.

Por último, me gustaría agradecer a la Dra. Elena Jáuregui y al Dr. Luis Hinojosa porque justo hace dos años me disteis una nueva vida, me salvasteis el cuerpo y la mente, haciéndome ver que no tengo límites y que mi mayor enemigo soy.

Gracias a la arqueología por aparecer en los momentos más difíciles de mi vida y gracias a las palabras que me permiten expresar lo que siento.

«Look at the sky tonight, all of the stars have a reason, a reason to shine».

**Lil Peep “*Star Shopping*”**

## Abstract

Studies focused on the analysis of faunal remains from a taphonomic perspective provide valuable information about the sites and their sequence, allowing us to make inferences about the processes and events that took place. Most faunal assemblages are accumulated and modified as a consequence of multiple biotic and abiotic agents, one of these cases could be the faunal assemblage analysed from TD10.4.

Sublevel TD10.4 is the oldest of the four sublevels that make up level TD10 at the Gran Dolina site, located in the Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain) and which corresponds to the Middle Pleistocene (400-450 Ka). We have analysed a series of taphonomic aspects such as the taxonomic and anatomical composition of the record, mortality patterns, skeletal representation and differential preservation, fragmentation and fracturing of the remains, and the types of taphonomic modifications present on the surface of the bones.

The results obtained suggest the intervention of carnivores of different sizes during the nutritive phase of the carcasses and therefore involved in the accumulation and transport of the remains. No anthropic evidence was found despite the presence of lithic tools in the sublevel. The most important processes involved in the formation of the complex take place specifically in the subaerial and diagenetic phases of the complex, specifically in the latter. The karstic conditions of the cavity and the environment to which these remains were exposed have produced a series of modifications on the surface of the bones. The fossil record shows modifications such as cementations, fissures, chemical corrosion, dissolution and deformations which have largely transformed its characteristics and which may also have conditioned the presence of certain remains in the accumulation. These features have limited the interpretation of the origin of the assemblage. The natural processes that took place in the cavity stand out from other agents that could have intervened, such as carnivores.

These data provide us with information on the conditions under which many Palaeolithic assemblages accumulate during the Pleistocene in which agents such as humans or carnivores do not play an important role. It also helps us to understand the circumstances surrounding the formation and origin of one of the levels in the extensive Gran Dolina sequence.

## Resumen

Los estudios enfocados en el análisis de los restos de fauna desde una perspectiva tafonómica aportan información valiosa sobre los yacimientos y su secuencia, nos posibilitan hacer inferencias sobre que procesos y sucesos se produjeron. La mayoría de los conjuntos faunísticos son acumulados y modificados a consecuencia de múltiples agentes tanto bióticos como abióticos, uno de estos casos podría ser el conjunto faunístico analizado de TD10.4.

El subnivel TD10.4 es el más antiguo de los cuatro subniveles que componen el nivel TD10 del yacimiento de Gran Dolina, situado en la sierra de Atapuerca (Burgos, España) y que corresponde al Pleistoceno medio (400-450 Ka). Hemos analizado una serie de aspectos basados en la tafonomía como pueden ser la composición taxonómica y anatómica del registro, patrones de mortalidad, representación esquelética y conservación diferencial, fragmentación y fracturación de los restos y los tipos de modificaciones tafonómicas presentes en la superficie de los huesos.

Los resultados obtenidos sugieren la intervención de carnívoros de distinto tamaño durante la fase nutritiva de las carcasas y por tanto participes de la acumulación y el transporte de los restos. No se ha encontrado ningún tipo de evidencia antrópica a pesar de la presencia de herramientas líticas en el subnivel. Los procesos más importantes que intervienen en la formación del conjunto se producen concretamente en las fases subaérea y diagenética del conjunto, específicamente en esta última. Las condiciones kársticas de la cavidad y el medio ambiente al que estuvo expuesto estos restos ha producido una serie de modificaciones en la superficie de los huesos. El registro fósil presenta modificaciones como son las cementaciones, fisuras, corrosión química, disolución, deformaciones que han transformado en gran medida sus características y que también han podido condicionar la presencia de ciertos restos en la acumulación. Estos rasgos han limitado la interpretación del origen del conjunto. Los procesos naturales acaecidos en la cavidad destacan sobre otros agentes que pudiesen haber intervenido como el caso de los carnívoros.

Estos datos nos aportan información sobre las condiciones en las que se acumulan muchos conjuntos paleolíticos durante el Pleistoceno en los que no tienen un papel importante agentes como los humanos o los carnívoros. También nos ayuda a comprender las circunstancias en la que se produce la formación y el origen de uno de los niveles de la amplia secuencia de Gran Dolina.

# Índice

1. Introducción .....	12
1.1 Objetivos .....	13
1.2 Marco conceptual .....	13
1.3 Marco teórico .....	16
2. La sierra de Atapuerca .....	21
2.1 Situación geográfica .....	22
2.2 Geología y geomorfología .....	22
2.3 Yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril .....	23
2.4 Gran Dolina .....	26
2.5 Gran Dolina TD10 .....	30
2.6 El subnivel TD10.4 .....	34
3. Materiales y métodos .....	36
3.1 Materiales .....	36
3.2 Métodos .....	37
3.2.1 Identificación, medidas de abundancia y cuantificación en zooarqueología .....	37
3.2.2 Cuantificación .....	38
3.2.2.1 El Número de Especímenes Identificado .....	38
3.2.2.2 Número Mínimo de Elementos .....	39
3.2.2.3 El Número Mínimo de Unidades Animales .....	41
3.2.2.4 El Número Mínimo de Individuos .....	41
3.2.3 Medidas de diversidad .....	42
3.2.4 Patrón de mortalidad .....	43
3.2.5 Representación esquelética .....	44
3.2.6 Fragmentación y fracturación .....	45
3.2.7 Modificaciones en la superficie de los huesos .....	47

3.2.7.1 Mordeduras de carnívoros .....	47
3.2.7.2 Las modificaciones de las fases subaérea y fosildiagenética .....	50
3.2.8 Cuantificación y análisis de las modificaciones en la superficie de los huesos .....	53
4. Resultados. Gran Dolina TD10.4 .....	53
4.1 El Número de Especímenes y Número de Especímenes Identificados .....	53
4.2 El Número Mínimo de Elementos .....	59
4.3 El Número Mínimo de Individuos.....	61
4.4 Patrón de mortalidad.....	62
4.5 El Número Mínimo de Unidades Animales .....	63
4.6 Conservación diferencial.....	67
4.7 Fragmentación .....	69
4.8 Modificaciones en la superficie de los huesos .....	71
4.8.1 Modificaciones subaéreas y fosildiagenéticas.....	71
4.8.2 La actividad de carnívoros. ....	73
5. Discusión.....	79
5.1 Sumario .....	87
6. Conclusiones .....	88
7. Bibliografía .....	89

## Índice de figuras

Figura 1.1. Modelo de los distintos niveles de inferencias en zooarqueología (Gifford-González, 2018:60, Fig.3.2).....	15
Figura 2.1. Mapa de la situación geográfica de la sierra de Atapuerca al norte de la Península Ibérica, mapa a detalle de la geografía física y vista panorámica de la Sierra (Rodríguez-Hidalgo, 2015:30, Fig.3.1).....	21
Figura 2.2. Sección estratigráfica (columna sintética) de Gran Dolina (Atapuerca) con las dataciones de ESR-U/Th, TL-IRSL and ESR-OB obtenidas en los trabajos de Falguères, et al., 1999; Berger, et al., 2008 y Moreno et al., 2015 (Saladié, et al., 2018:51, Fig.2). .....	29
Figura 2.3. Replanteamiento del límite entre las subunidades TD10.3 y TD10.4 en la sección sur del cuadro H15. Sobre imagen tomada en 2009 (VVAA, 2018:114, Fig.77).....	32
Figura 2.4. Vista general frontal de la superficie de excavación, la superficie expuesta es la base de TD10.4 (VVAA, 2018:117, Fig.81).....	34
Figura 3.1. Categorías de tallas de peso con taxones utilizadas en este trabajo. Presentan taxones asociados a cada talla (Rodríguez-Hidalgo, 2015:56, Tabla 4.1).....	38
Figura 3.2. Nomenclatura usada en la descripción de las porciones y caras utilizadas para describir los especímenes fragmentarios de los huesos largos (izq.) y costillas (drch.) (Rodríguez-Hidalgo, 2015:58-59, Fig 4.2-4.3). .....	40
Figura 3.3. Diagrama triangular de mortalidad (“ternary plot”) donde se refleja las diferentes zonas o patrones de mortalidad descritos por Stiner (1990) (Rodríguez-Hidalgo, 2015:64, Fig.4.5).....	44
Figura 4.1. Ejemplo de restos de dentición y mandíbulas de ungulados: 1) Bison sp., 2) Cervus/Dama, 3) Equus sp.....	54
Figura 4.2. Canino superior derecho de <i>Homotherium latidens</i> . A la derecha imagen a detalle del borde aserrado. ....	55

Figura 4.3. Ejemplo de restos de carnívoros de TD10.4: 1) Fragmento de húmero distal de <i>Meles meles</i> 2) Primera falange y canino decidual de <i>Ursus deningeri</i> 3) Molares, incisivos y epífisis sin fusionar (radio y ulna) de <i>Canidae</i> .....	55
Figura 4.4. Ejemplos de otros taxones con menor representación (izq.sup: restos de aves, izq inf: mandíbula de <i>Erinaceus sp.</i> , drch sup: tibia de <i>Testudo sp.</i> y drch inf: metacarpo de <i>Hystrix/Castor</i> ). .....	56
Figura 4.5. Gráficos triangulares para patrones de mortalidad. Izq: Gráfica realizada con los datos obtenidos de los ungulados de TD10.4. Drch: Modelo de gráfica con los tipos de mortalidad planteados por Stiner (1990). .....	63
Figura 4.6. %MAU de los taxones mejores representados de TD10.4.....	65
Figura 4.7. Primera, segunda y terceras falanges de <i>Panthera leo</i> . Representación en conexión. ....	66
Figura 4.8. Restos de <i>Stephanorhinus cf. hemitoechus</i> : 1) Segundo metatarso 2) Calcáneo 3) Patela 4) Hueso ganchoso. ....	67
Figura 4.9. Correlación entre %MAU y la densidad mineral (BMD) en la talla media ( <i>Cervus/Dama</i> ). .....	68
Figura 4.10. Correlación entre %MAU y la densidad mineral (BMD) en la talla grande ( <i>Bison sp.</i> y <i>Equus sp.</i> ). .....	68
Figura 4.11. Medidas de los restos del conjunto de TD10.4 expresados en porcentajes. ....	69
Figura 4.12. Representación en frecuencias de la longitud y la sección de los huesos largos de TD10.4.....	70
Figura 4.13. Representación de los tipos de paños de fracturas de las diáfisis de los huesos largos en porcentajes del conjunto. ....	70
Figura 4.14. Distintas modificaciones producidas durante la fase subaérea y diagenética: 1) Pulido 2) Marcas de roído 3) Descamado producido por Weathering 4), 5) y 6) Disolución y corrosión química 7) y 8) Fisuras 9) Corrosión química y fisuras.....	72

Figura 4.15. Ejemplos de restos de cérvidos y bisontes con evidencias de scores, pits, licking y pitting.....	74
Figura 4.16 Fragmentos de huesos largos de ungulados con marcas de dientes de carnívoro (pits y scores). .....	74
Figura 4.17 Modelos 3D de pits y scores sobre fragmentos de huesos largos de ungulados. ..	75
Figura 4.18. Primera falange de Bison sp. que presenta mordeduras de carnívoros. A) Imagen detallada de un pit de gran tamaño. 2) y 3) Detalles de la exostosis producida por una patología o a consecuencia de la edad. ....	77
Figura 4.19. Comparativa de diferentes medidas (media e intervalo de confianza al 95% en mm) de los pits de trabajos experimentales y actualistas con los resultados obtenidos en el conjunto TD10.4. 1) Longitud en mm de los pits en tejido esponjoso. 2) Anchura en mm de los pits en tejido esponjoso. 3) Longitud en mm de los pits en tejido cortical. 4) Anchura en mm de los pits en tejido cortical. (Leyenda: Do=Dominguez-Rodrigo y Piqueras, 2003; De=Delaney-Rivera, et al., 2009; A=Andrés, et al., 2012, S=Sala, 2012, Sa=Saladié, et al., 2013, Y=Yravedra, et al., 2014).....	78
Figura 4.20. Ejemplos de varios huesos y un diente con distintos grados de digestión. ....	79

## Índice de tablas

Tabla 4.1. NISP y su frecuencia por taxones identificados y tallas de peso del registro fósil de TD10.4.....	57
Tabla 4.2. NISP y frecuencias de los ungulados del conjunto TD10.4 representados por elementos anatómicos.....	58
Tabla 4.3 NISP por elementos anatómicos y tallas de peso del conjunto de TD10.4.....	59
Tabla 4.4. NME del conjunto TD10.4.....	60
Tabla 4.5. NMI por edades de los taxones recuperados en TD10.4.....	62
Tabla 4.6. Porcentajes de las modificaciones fosildiagnéticas con respecto al total de los restos. *La frecuencia del <i>tramplng</i> está calculada con respecto al NSP-2.....	72
Tabla 4.7. Número de restos que presentan modificaciones por carnívoros junto a la frecuencia con respecto al total de los restos del conjunto de TD10.4.....	73
Tabla 4.8. Número de elementos anatómicos con mordeduras y elementos con buena conservación de la cortical (NSP-2) junto con la frecuencia relativa.....	75
Tabla 4.9. Parámetros estadísticos de los tipos de mordeduras de carnívoros en tejido esponjoso y tejido cortical.....	77

# 1. Introducción

A lo largo de los últimos años se han realizado varios estudios sobre la tafonomía y zooarqueología del nivel TD.10 de Gran Dolina, ubicada en la sierra de Atapuerca (Burgos, España) y sus correspondientes subniveles. Este nivel es uno de los más prolíferos junto con TD6 y nos ha proporcionado información relevante sobre los grupos de homínidos del Pleistoceno medio desde sus estrategias subsistenciales para la obtención de los recursos, hasta la coocurrencia de actividades por parte de humanos y carnívoros.

Podemos destacar dos niveles arqueológicos conocidos como el lecho de huesos de TD10.1 y el lecho de huesos de bisonte de TD10.2. Son dos acumulaciones antrópicas, la primera correspondiente a una ocupación de larga duración de tipo residencial en la que resalta la caza de cérvidos y la segunda consiste en un uso de la cavidad como *kill-butchering site* (Rodríguez Hidalgo, 2015, Rodríguez Hidalgo, et al., 2015, Rodríguez Hidalgo, et al., 2017). Por otro lado, los análisis de los restos faunísticos de TD10 superior y TD10.2.2 han aportado datos sobre palimpsestos acumulativos en los que han intervenido independientemente tanto humanos como carnívoros en distintas actividades (Saladié et al., 2018, Pérez-Parque, 2018).

El presente trabajo abarca el análisis de los restos de fauna del subnivel TD10.4 que corresponde a la base del nivel y que se sitúa entre TD9 y TD10.3. Este periodo de la cavidad corresponde cronológicamente al Pleistoceno Medio, en torno a 400-450 Ka (Moreno, et al., 2015).

No se conoce el origen de la acumulación de los restos faunísticos al igual que los restos líticos encontrados que están en proceso de estudio. El subnivel TD10.3 que es el que le sucede en la secuencia, está siendo analizado simultáneamente por el equipo ya que se desconoce también su origen. Estos avances en los subniveles más inferiores de TD10 nos permitirán comprender mejor el origen del nivel que comienza con la apertura de la cavidad y compararlo con el resto de la secuencia.

Estos conjuntos se pueden ver afectados por varios tipos de agentes que transporten y acumulen los restos. Pueden ser agentes biológicos como los homínidos, carnívoros y roedores o por agentes físicos como corrientes de agua o desplazamientos gravitacionales. Rara vez se ven afectados por un único actor o proceso y por tanto en acumulaciones por múltiples agentes se busca que agentes predominan sobre el resto, la secuencia de sus efectos

en la muestra y sus efectos en las distintas propiedades del conjunto restante (Gifford-González, 2018, Saladié, et al, 2018).

Abarcar el estudio de la muestra desde una perspectiva tafonómica nos permite comprender que factores tafonómicos afectan a la composición y la distribución de los restos encontrados en un yacimiento que a priori se puede considerar arqueológico debido a la presencia antrópica del conjunto a través de otras evidencias como son las piezas líticas (Tappen, et al., 2002).

## 1.1 Objetivos

La finalidad de este trabajo es caracterizar los distintos agentes que influyen en la formación de conjunto faunístico del subnivel TD10.4 y ver cuáles son los principales agentes acumuladores que intervienen en él. A través del análisis zooarqueológico y tafonómico buscamos establecer el origen u orígenes de la acumulación, además de descartar o demostrar la influencia de homínidos y carnívoros en su formación.

El análisis de la muestra y la presentación de los datos se realiza con el objetivo de comprender mejor de forma conjunta uno de los niveles más ricos y extensos de Gran Dolina como es TD10 desde su formación. También establecer similitudes o diferencias entre los distintos subniveles que lo componen. La realización de este trabajo junto con los numerosos estudios realizados sobre la secuencia completa de Gran Dolina nos ayudara a inferir las distintas fases, procesos y actividades que se sucedieron en este yacimiento durante parte del Pleistoceno.

## 1.2 Marco conceptual

La arqueología es la ciencia que estudia el pasado a través de los restos materiales. La zooarqueología se define como el estudio de los restos animales para elucidar cuestiones arqueológicas (Olsen, 1971). Gifford-González (2018) argumenta que el término zooarqueología es más preciso porque expresa mejor el tipo de investigación faunística que se realiza, arqueología usando restos materiales. Los investigadores que utilizan la etiqueta “zooarqueólogos” tienden a preocuparse en qué nos dicen los restos animales sobre las interacciones con los seres humanos en el pasado.

Los primeros pasos de esta rama de la arqueología se producen a finales de los años 40 del siglo XX, su inspiración teórica tiene su origen en varios escritos que se producen antes de la Segunda Guerra Mundial (Childe, 1942, Steward 1936, 1938). Esta disciplina ha tenido un

gran desarrollo hasta la actualidad y es una de las fuentes principales para conocer la prehistoria (Gifford-González, 2018).

Nuestro trabajo se enmarca en lo que algunos autores han denominado la tafonomía arqueológica y que consideran que es la mejor expresión de aproximación científica al registro arqueológico ya que utilizan fundamentos procesuales idénticos a los de las ciencias naturales. La tafonomía es una herramienta imprescindible para conocer los procesos de formación de los palimpsestos que componen la mayoría del registro arqueológico además de incidir en el papel que juegan los diferentes agentes tanto bióticos y abióticos en ello (Domínguez-Rodrigo, 1998, 2008).

La tafonomía, se basa en los principios de actualismo formulados en el uniformitarismo de Lyell. Metodológicamente el enfoque uniformista nos ofrece una estrategia de investigación práctica para aprender más sobre el pasado a través de analogías modernas. El actualismo consiste en el estudio de procesos contemporáneos y sus productos para darle significado a las evidencias del pasado. La investigación actualista en la zooarqueología ha producido grandes beneficios a la hora de entender las modificaciones en la superficie de los huesos (Domínguez-Rodrigo, 1998, Gifford-González, 2018).

Los planteamientos teóricos del actualismo y sus supuestos uniformitaristas establecen vínculos entre las causas y los efectos de los caracteres de la materia. Gifford-González (2018) utiliza una serie de términos para diferenciar las categorías relacionales que se anidan en una red jerárquica de inferencias. La categoría más interior es la traza o evidencia empírica (*e. g.* una marca de corte o mordedura), es el producto de un proceso causal (*e. g.* un diente o una herramienta dejando la marca en el hueso). Tras el agente causal, tenemos el efector que es la causa física de la modificación (*e. g.* diente o filo de la herramienta) y el actor o agente tafonómico que crea la traza a través del proceso causal que sería en estos casos el animal o el homínido. A través de estas categorías podemos establecer analogías formales de forma directa. Abarcando las categorías anteriores nos encontramos con el contexto en el actor produjo la evidencia. Existen dos tipos de contexto: el contexto comportamental en el que la traza se produce, y el contexto social y ecológico referido a la red de socialización y relaciones del ecosistema donde el actor vivía y actuaba (Figura 1.1).

Estas últimas categorías deben ser inferidas de manera indirecta ya que no podemos obtenerlas directamente a través de los restos. Identificar el contexto y los distintos

comportamientos de diferentes agentes en el pasado a través del actualismo puede ser problemático debido a que los comportamientos pueden variar en el pasado al igual que están sujetos a criterios contextuales difíciles de inferir. Para realizar esto debemos conjuntar el uniformitarismo metodológico con el sustantivo, es decir, inferir sucesos del pasado por analogía de procesos observados en la actualidad partiendo de que el sustantivo mantiene los comportamientos en el pasado y que en caso de cambiar sea gradual y medurado (Domínguez-Rodrigo, 1998).

Teniendo en cuenta que gran parte del registro fósil, que se conocen como palimpsestos, son acumulaciones creadas y modificadas por distintos agentes, los marcos referenciales útiles para su interpretación son aquellos en los que intervengan distintos factores. Por ello, en tafonomía arqueológica se han desarrollado las últimas décadas unos marcos polimodales que nos permiten realizar interpretaciones más precisas sobre las relaciones entre homínidos y otros agentes, además de poder reconstruir y comprender la historia tafonómica del conjunto (Capaldo, 1995, Domínguez-Rodrigo, 1998). Los planteamientos teóricos del uniformitarismo y el actualismo nos ha permitido establecer el origen o los distintos orígenes de la acumulación fósil estudiada en este trabajo.

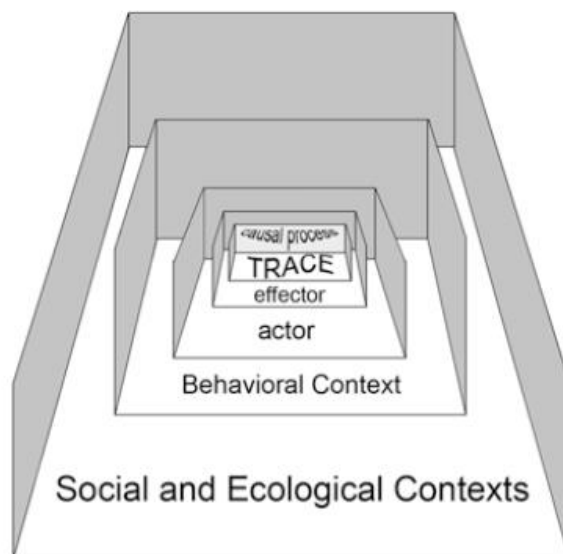


Figura 1.1. Modelo de los distintos niveles de inferencias en zooarqueología (Gifford-González, 2018:60, Fig.3.2).

### 1.3 Marco teórico

En la formación y modificación de las acumulaciones fósiles pueden intervenir uno o varios agentes además de producirse durante un único evento o múltiples. Las carcasas de los animales atraviesan diferentes fases durante su historia tafonómica en la que pueden actuar distintos agentes. A lo largo de la fase nutritiva de las carcasas actúan agentes biológicos como son los homínidos, los carnívoros y en menor medida otros agentes como las aves y los roedores. Las interacciones entre los homínidos y el resto de los agentes biológicos son de gran importancia en la investigación arqueológica. Por otro lado, los agentes abióticos intervienen durante las fases subaérea y diagenética que nos permiten obtener más información sobre las cuestiones relacionadas con la acumulación y la historia tafonómica (Capaldo, 1997, 1998).

Las acumulaciones más comunes son las producidas por carnívoros, por humanos y por causas naturales, entre otros. Aunque también pueden conformarse acumulaciones realizadas por múltiples agentes y que no constituyan un modelo puro.

Los carnívoros son uno de los agentes acumuladores más estudiados debido a que algunas de sus especies tienden a ocupar cuevas y abrigos al igual que los homínidos. La mayoría de los estudios actualistas se centran en los grandes carnívoros, pero existen otros ejemplos que tratan sobre el impacto de los pequeños carnívoros en las acumulaciones (Andrews y Evans, 1983, Stallibrass, 1984, 1990). Sobre estos últimos, existen una serie de modificaciones en los huesos que se atribuyen a cánidos de tamaño de un zorro. Los huesos que aparecen en los excrementos se encuentran muy fragmentados, no alcanzan más de un 1 cm y muchos de estos son inidentificables. Los dientes aislados suelen estar presentes y las mandíbulas de pequeños animales fragmentadas. Algunos huesos presentan perforaciones, mordisqueo y algunas marcas propias de la digestión. Predominan los fragmentos de diáfisis en forma de esquirla como podemos observar en otros grandes depredadores (Lyman, 1994).

Uno de los carnívoros más estudiados es la hiena debido a su comportamiento y capacidad modificadora de los huesos y sus hábitos de acumulación de restos óseos (Brain, 1981, Lam, 1992, entre otros). También han recibido atención otro tipo de carnívoros como algunos cánidos (lobos, perros y coyotes), osos y leones (Binford, 1981, Haynes, 1980, 1983, Kent, 1981).

Algunos carnívoros como los leopardos pueden producir pequeñas acumulaciones alrededor de árboles u otros enclaves donde consumen sus presas para reducir la presión o interrupción de otros depredadores. Además de producir marcas de mordisqueo en los huesos, suelen destruir la caja cerebral y la zona postero-dorsal de las cuencas oculares. Los lobos también pueden generar pequeñas acumulaciones de restos aislados, aunque no grandes acumulaciones (Lyman, 1994, Sala y Arsuaga, 2018).

Otros carnívoros como los osos y los leones se consideran no acumuladores, pero tienen la capacidad de transportar grandes distancias las carcasas (Sala y Arsuaga, 2018). Algunos estudios recientes apuntan a que los leones podrían ser agentes acumuladores (Arriaza et al., 2016) al igual que los lince ibéricos que generarían acumulaciones de restos de lepóridos y de su propio taxón en cubiles (Rodríguez-Hidalgo et al., 2020).

Hay una serie de modificaciones en los huesos que producen los carnívoros que son características de su presencia e intervención. Estas modificaciones son las siguientes:

El mordisqueo realizado por los carnívoros durante el consumo de carcasas produce distintas marcas tipificadas por los expertos dependiendo de sus características. *Ragged-edged chewing* o *crenulated edges* son las marcas que se crean en huesos planos y los extremos de las diáfisis cuando se elimina parte del tejido. Cuando el tejido es más denso y el diente no penetra en la cortical lo conocemos como *pitting*. Las marcas más comunes que dejan los dientes y que observamos en los huesos son los *punctures*, *pits* y *scores*.

También existen otras modificaciones como *furrowing*, *licking*, entre otros y que también se pueden producir durante el consumo de las carcasas (Maguire, et al., 1980, Binford, 1981). Tanto los hiénidos como los cánidos tienen mayor capacidad de fracturar los huesos además de digerirlos, estas acciones producen modificaciones específicas relacionadas con la corrosión química de los ácidos gástricos y patrones de fractura característicos como puede ser los cilindros diafisarios (Lyman, 1994).

La presencia de una o varias de estas marcas producidas por los dientes nos indica que los carnívoros tuvieron acceso a las carcasas y no directamente que acumularon los huesos. Dependiendo de la frecuencia de las modificaciones además del tamaño de ciertas marcas nos puede indicar o aproximar a los taxones que actuaron en los huesos. Sin embargo, la superficie del hueso modificada y la intervención de varios taxones en conjunto dificulta la precisión de estas inferencias. Las hienas realizan más modificaciones y fragmentan más los

huesos que otras especies como los leones, leopardos o perros. (Richardson, 1980, Lyman, 1994).

Numerosos estudios han identificado una serie de atributos característicos de una acumulación de huesos realizada por hienas (Klein, 1975, Cruz-Uribe, 1991). Estos atributos difieren de otro tipo de acumulaciones como las de los homínidos. Cruz-Uribe descubre en sus estudios de colecciones prehistóricas que los carnívoros componen el 20% de los restos en las acumulaciones de hienas mientras que en las de homínidos no supera el 13%. En las acumulaciones de hienas, la mayoría de los restos muestran modificaciones realizadas por carnívoros y abundan los cilindros diafisarios, es decir, diáfisis más o menos completas y ausencia de epífisis. Se observa que los perfiles de mortalidad son atricionales donde predominan los individuos juveniles y seniles. En cuanto a la representación de elementos esqueléticos, los pequeños ungulados están mejor representados por elementos craneales y los grandes ungulados por elementos postcraneales. Por último, los elementos pequeños, densos y duros como elementos articulares y falanges tienen una presencia baja en estas acumulaciones debido a que las hienas ingieren estos huesos completos y los destruyen casi en su totalidad (Cruz-Uribe, 1991, Lyman, 1994).

Otro de los grandes agentes acumuladores somos los homínidos, el problema para reconocer este tipo de acumulaciones fue analizado y clasificado por Thomas (1971) como *cultural bone* y *natural bone*. La primera categoría son los elementos que son resultado de una actividad antrópica y la segunda elementos acumulados por procesos naturales. Para distinguir estas dos categorías se estableció una serie de criterios:

La presencia de huesos quemados o carbonizados nos indica el consumo de estos elementos o la exposición de estos a un fuego u hogar creado por homínidos en una ocupación. Además, la existencia de numerosos pequeños fragmentos de huesos, la baja frecuencia de huesos con alto contenido graso, la pérdida de fibras de colágeno en los huesos y la presencia de percutores y yunques nos puede indicar la extracción de la grasa de los huesos para su consumición (Lyman, 1994).

El grado de mineralización, *weathering* y coloración de los huesos nos ayuda a diferenciar entre los huesos introducidos posteriormente a la formación del depósito, aunque este no quiere decir que cierta parte del conjunto pueda pertenecer a otra actividad no antrópica que se produjese en un periodo contemporáneo (Lyman, 1994).

La representación de marcas de corte y otro tipo de marcas resultantes del uso de herramientas líticas son buenos indicadores de que los restos de fauna son depósitos resultantes de actividades antrópicas. No todos los restos tienen porqué tener una o la otra, sin embargo, si un taxón muestra este tipo de modificaciones, el resto de los huesos de dicho taxón se interpretan como una acumulación o depósito realizado por homínidos.

Las analogías etnográficas también se utilizan para interpretar los conjuntos arqueológicos pero este tipo de inferencias tienen algunos problemas. En primer lugar, algunos de los datos etnográficos pueden ser ambiguos y segundo lugar, los datos recogidos no se pueden tomar como verdades absolutas e inmutables ya que las culturas evolucionan y cambian, esto provoca que los datos recogidos sobre los grupos humanos en el siglo XX no tienen por qué ser semejantes a los comportamientos de sus ancestros o grupos humanos del pasado (Lyman, 1994).

La integridad del esqueleto es otro de los criterios que se utilizan para identificar las acumulaciones antrópicas. Thomas (1971) sugiere que el consumo de las presas por los humanos provoca la destrucción y dispersión de parte de los esqueletos y asocia la mayor o menor integridad de un taxón con la intervención de los humanos sobre estos. Sin embargo, los estudios etnográficos nos muestran que no siempre las acumulaciones antrópicas forman solo una parte de los esqueletos. Estos cálculos tampoco nos ayudan a poder diferenciar si el depósito es antrópico o natural, aunque junto a los otros criterios puede ser de utilidad. Las acumulaciones antrópicas tienden a tener ciertas características relacionadas con la representación esquelética que las diferencian de las de los carnívoros como son: los carnívoros conforman menos del 13% del conjunto, la presencia de diáfisis fragmentadas y epífisis completas, no existe un patrón entre los elementos y el tamaño de la presa, el patrón de mortalidad es tanto atricial como catastrófico y los huesos articulares y falanges son más abundantes en los conjuntos bien conservados (Lyman, 1994).

La identificación de estos criterios combinados en un conjunto de fósiles además de la presencia de herramientas líticas nos apunta a que el agente acumulador es el mismo, en este caso, los homínidos. Cuanto menos de estos criterios estén presentes en un conjunto, más se debilita la inferencia de que los restos forman parte de una acumulación antrópica o que al menos, han intervenido otro tipo de agentes (Lyman, 1994).

Existen otros agentes bióticos como las aves y los roedores que también pueden acumular restos. Debido a su tamaño no tienen gran impacto en animales de talla grande, pero si son capaces de consumir y acumular ungulados u otros animales de talla media. Las marcas de roído en los roedores y las marcas de picoteo y digestión en las rapaces son las principales evidencias para identificar la acción de estos agentes (Lyman, 1994).

Las acumulaciones naturales se pueden producir tanto de manera pasiva como activa. Las trampas naturales como pueden ser las simas y dolinas actúan como acumuladores pasivos de restos fósiles, ya que es frecuente que ungulados de mediano y gran tamaño caigan por estos conductos verticales y fallezcan del impacto o por inanición al no poder encontrar la salida. La progresiva acumulación de cadáveres puede llegar a producir grandes conjuntos. La presencia de carnívoros también es frecuente a causa de que estos se ven atraídos por las carcasas y son aprovechadas a través del carroñeo, algunos de ellos se pueden quedar atrapados también. Además, las trampas naturales también pueden ser aprovechadas por homínidos.

Las características que predominan en este tipo de acumulaciones cuando son predominantemente naturales es que los restos suelen estar completos y en conexión anatómica, en los perfiles de mortalidad destacan los individuos juveniles ya que son menos hábiles e inexpertos, aunque también están presente los adultos. Los factores que propician estas acumulaciones naturales son que el lugar tenga atractivo para los animales y sea un sitio transitado año tras año, a su vez que la probabilidad de mortalidad en el lugar sea alta. Y, por último, que los propios animales se acumulen debido a su comportamiento y no sea interferido o alterado por otros agentes (White et al., 1984, Oliver, 1989, Lyman, 1994, Tappen et al., 2002, Brugal, et al., 2006). Aparte de este tipo de trampas, para el caso de los proboscídeos se han propuesto las charcas de barro en las que se quedarían atrapados debido al peso y morirían. Estos animales podrían ser aprovechados por homínidos (Anzidei, et al. 2012).

Las acumulaciones naturales también pueden ser activas como son las acumulaciones fluviales. Los contextos fluviales y el transporte hídrico afectan a la superficie de los huesos (pulido y redondeo), provocan fracturas en los huesos dependiendo del tamaño de los clastos que arrastre la corriente y acumulan los restos dependiendo de distintas variables como la morfología de los huesos (Andrews, 1990, Lyman, 1994).

## 2. La sierra de Atapuerca

La sierra de Atapuerca es un conjunto montañoso que se sitúa en el sector norte de la península ibérica. La sierra pertenece al sistema Ibérico y se localiza entre las poblaciones de Ibeas de Juarros y Atapuerca, a unos 14 kilómetros al este de Burgos (España) (Figura 2.1)

La sierra alberga numerosas formaciones kársticas, se tiene constancia de ellas desde el siglo XVI a través de diversas crónicas. Los primeros estudios científicos realizados en este lugar comenzaron en el siglo XIX y se han prolongado hasta la actualidad, esto es debido a la gran riqueza fosilífera y la importancia arqueológica de los yacimientos que conforman este complejo. En la sierra de Atapuerca existen algunos de los yacimientos arqueológicos más importantes del Pleistoceno medio e inferior a nivel nacional e internacional. Por ello, la Sierra fue declarada Bien de Interés Cultural en 1991 y Patrimonio de la Humanidad en el año 2000.

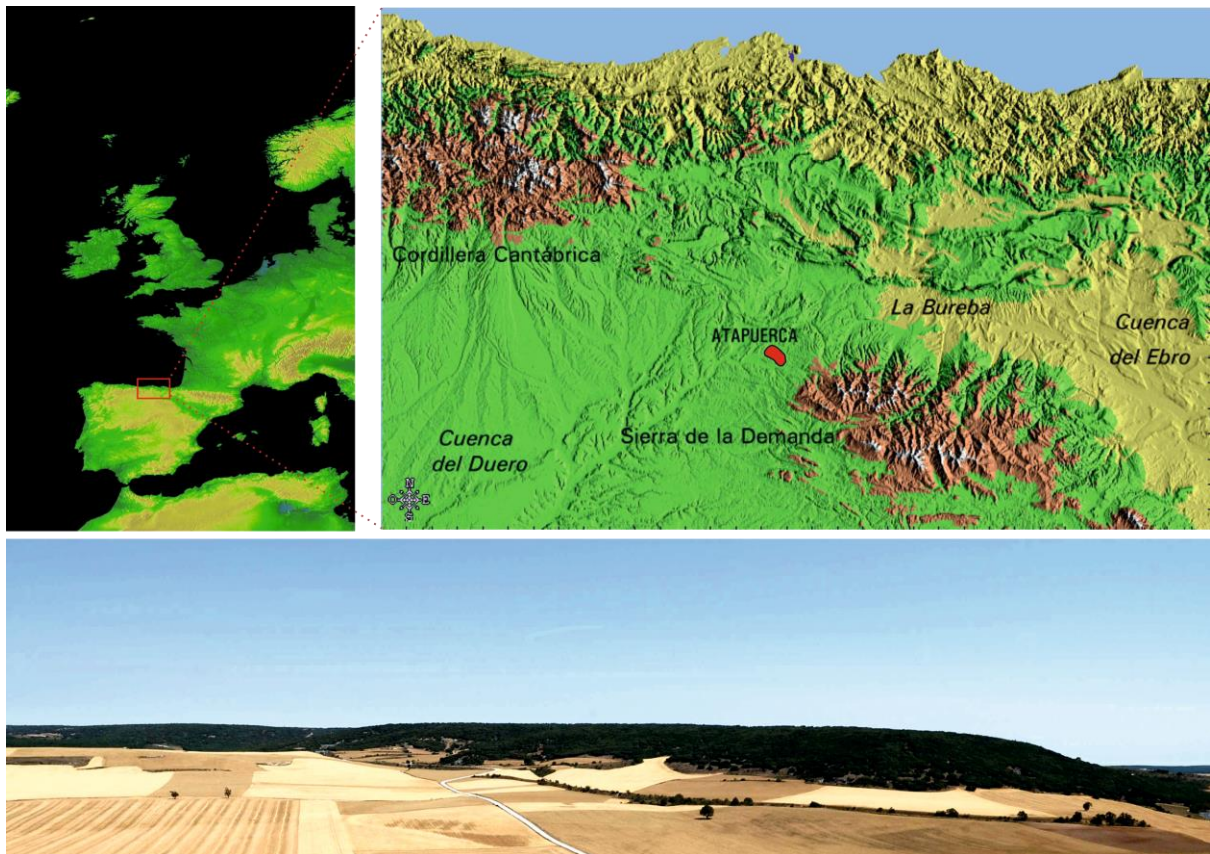


Figura 2.1. Mapa de la situación geográfica de la sierra de Atapuerca al norte de la Península Ibérica, mapa a detalle de la geografía física y vista panorámica de la Sierra (Rodríguez-Hidalgo, 2015:30, Fig.3.1).

## 2.1 Situación geográfica

La sierra de Atapuerca está compuesta por un suave relieve de 160 m por encima de la llanura que lo rodea, aproximadamente a 950 m s. n. m. Tiene una extensión de 25km<sup>2</sup> con una forma alargada en dirección NNW-SSE.

La Sierra se sitúa en la Sub-meseta norte, colinda con el río Arlanzón al sur, el río Vena al norte y al este con la sierra de la Demanda. Pertenece al corredor de la Bureba que es un importante paso natural situado entre el Valle del río Ebro y la cuenca del río Duero, idóneo para los movimientos migratorios de grandes vertebrados que favorecería las ocupaciones prehistóricas.

El clima actual es de tipo mediterráneo continental, con inviernos largos, fríos y nevados y veranos cortos, cálidos y poco húmedos. La temperatura media anual máxima es de 15°C y la mínima de unos 4°C. La media anual de precipitaciones es de tipo mediterráneo, en torno a 500 mm por m<sup>2</sup>.

Biogeográficamente, la sierra de Atapuerca se encuentra entre las regiones eurosiberiana y mediterránea, en ella confluyen las subregiones: atlántica europea, mediterránea ibérica occidental y mediterránea ibérica central.

El paisaje de la zona está compuesto por un bosque de tipo mediterráneo donde destacan árboles como las encinas (*Quercus ilex*), quejigos (*Qercus faginea*), aladiernos (*Rhamus alaternus*) y majuelos (*Cratageus monogyna*) entre otros.

La Sierra cuenta con numerosos recursos que la convierten en una zona óptima para su ocupación. Existen un gran número de fuentes y surgencias de agua potable disponibles durante todo el año, debido a su condición calcárea y los cauces caudalosos de los ríos que la bordean. También encontramos gran diversidad de materiales líticos adecuados para la talla. Existen formaciones de sílex neógeno y cretácico, junto con gran cantidad de cantos de cuarcitas, ortocuarzitas y areniscas que se pueden encontrar en cuencas cercanas del Mioceno y Plioceno.

## 2.2 Geología y geomorfología

La Sierra de Atapuerca es un anticlinal tumbado, formado durante la orogenia Alpina, cuya charnela tiene una dirección NNO-SSE y vergencia NE. Según su relieve, se divide en dos sectores por el valle de la Hoyada, denominándose la zona norte como Matagrande y la zona sur como el alto de San Vicente (Benito-Calvo, 2004). Los yacimientos arqueológicos se sitúan en la zona sur, principalmente se concentran en su ladera oeste. La litología de la Sierra

se compone de tres grandes secuencias: mesozoica, terciaria y cuaternaria (Campaña-Lozano, 2018).

La secuencia cuaternaria de la sierra de Atapuerca se compone de terrazas fluviales, conos aluviales, deslizamientos de laderas, glaciares y rellenos kársticos.

Desde el punto de vista geomorfológico, el relieve de la sierra de Atapuerca se moldeó primero en condiciones de drenaje interno que generaron un relieve escalonado, formado por aplanamientos neógenos y, después durante la fase exorreica de la cuenca del Duero, por un sistema de terrazas fluviales cuaternarias. Durante el Cuaternario se produjo la incisión de la red fluvial alrededor de la sierra de Atapuerca, la erosión de las superficies de erosión del Terciario y se formaron las terrazas de estos ríos (Campaña-Lozano, 2018).

### 2.3 Yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril

Existen dos conjuntos kársticos en la sierra de Atapuerca: el sistema Cueva Ciega- Cueva Paredeja al este y en el sector occidental se encuentra el sistema Torcas. En este último sistema endokárstico se encuentran los yacimientos de Atapuerca.

Los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril corresponden a la zona visible del nivel intermedio del sistema y son los siguientes: Sima del Elefante, Complejo Galería-Tres Simas y Gran Dolina.

Estos yacimientos fueron descubiertos a principios del siglo XX cuando la compañía *The Sierra Company Limited* realizó una trinchera de más de 500 m de longitud y 20 m de profundidad en dirección N-S, esta trinchera se realizó con el fin de crear una línea de ferrocarril minero que unía Villafría y Monterrubio de la Demanda. Sin embargo, su construcción seccionó estos yacimientos que se encontraban total o parcialmente colmatados de sedimento y que contienen un importante conjunto arqueológico y paleontológico que actualmente se continúa estudiando e investigando.

La Sima del Elefante es el primer yacimiento que encontramos en la Trinchera de sur a norte. Se trata de una cavidad kárstica de 18 m de altura por 15 m de anchura, está colmatada de sedimentos que se han dividido en 16 unidades litoestratigráficas que a su vez se divide en tres fases. Todas las unidades de relleno son de carácter alóctono.

A través de unas muestras tomadas en la base de la unidad TE17 que se sometieron a un análisis paleomagnético, se descubrió que existía un cambio de polaridad que coincide con el subcrón Matuyama (>0,78 Ma) (Parès, et al., 2006). Por tanto, desde el nivel TE16 hasta TE7 corresponden al Pleistoceno inferior. Las dataciones por nucleidos cosmogénicos realizadas

en los niveles TE7 ( $1,13\pm 0,18$  Ma) y para TE9 asociado a varios restos de *Homo* sp. ( $1,22\pm 0,16$  Ma) corroboran los resultados anteriores al igual que los datos biocronológicos. El cambio de polaridad es apoyado por dataciones más recientes realizadas por termoluminiscencia que datan con una fecha de  $0,781\pm 0,063$  Ma y  $0,724\pm 0,043$  Ma a TE17 y una fecha de  $0,864\pm 0,088$  Ma y  $0,804\pm 0,047$  Ma a la unidad TE16 (Arnold et al., 2015).

La mayoría del registro arqueológico de la Sima del Elefante se encuentra comprendido en la fase inferior y superior. Se ha registrado más de 2500 restos de macrofauna entre ambas fases, en la fase inferior también encontramos gran cantidad de lagomorfos y aves. Algunos de estos restos presentan modificaciones antrópicas como marcas de corte y fracturación, incluso en algunos restos de mesofauna, lo cual es una de las evidencias más antiguas de acceso de pequeños animales en Europa. (Huguet, 2007, Blasco et al., 2011, Huguet, et al., 2013). En la fase superior, en las unidades más abundantes como TE18 y TE19 destacamos numerosos restos de macromamíferos, principalmente équidos, aunque también aparecen restos de carnívoros y proboscídeos (Rosas et al., 2001, Huguet, 2007, Cuenca-Bescós, et al., 2013).

En cuanto a herramientas líticas, se ha recuperado en las unidades TE7-TE14 un pequeño conjunto de 86 artefactos que pertenecen al modo 1, las más antiguas se encontraron en la unidad TE8 durante las campañas de 2013 y 2014 (Carbonell, et al., 2008, Ollé, et al., 2013, de Lombera-Hermida, et al., 2015). En la fase superior, la gran mayoría en el nivel TE19, se han registrado herramientas líticas adscritas al modo técnico 2 similares a las de Galería (de Lombera-Hermida, et al., 2015)

El hallazgo más importante de este yacimiento apareció en el subnivel TE9c ( $>1,22\pm 0,16$  Ma) donde se encontró tres restos humanos, una mandíbula, una falange y un fragmento de húmero que fueron asignados inicialmente a *Homo antecessor* y después reasignados como *Homo* sp. (Carbonell, et al., 2008, Bermúdez de Castro, et al., 2010, Bermúdez de Castro, et al., 2011).

Hacia el norte, el siguiente yacimiento que encontramos en la Trinchera del Ferrocarril es el Complejo Galería-Tres Simas. Este yacimiento está formado por tres zonas, la Covacha de los Zarpazos al norte, una gran sala central conocida como Galería (TG) y el conjunto de Tres Simas-Boca Norte o Trinchera Norte al sur. Las tres secciones tienen relación entre sí y están seccionadas por la trinchera. La zona de Galería se encontraba colmatada de sedimentos, el relleno se divide en cinco unidades sedimentarias (GI a GV) más una unidad (GVI) que corresponde al paleosuelo de la cavidad. (Pérez-González, et al., 1999).

La unidad GI contiene sedimentos endokársticos mientras que el resto de las unidades se componen de sedimentos exokársticos (Pérez-González et al., 1995, Demuro et al., 2014).

En la GI se describió una inversión paleomagnética que divide las unidades en dos sub-unidades y se atribuye a la transición Brunhes-Matuyama (Pérez-González et al., 2001). Las unidades que conservan mayor abundancia de restos arqueológicos son GII y GIII, han sido datadas con múltiples métodos absolutos (U-TH, TL-ISRL y ESR-US). Se ha obtenido una fecha de  $450\pm 55$  Ka en la base de GII (GIIa) y  $185\pm 26$  Ka en la formación de la unidad GIV (Falgueres, et al., 2013). El espeleotema que sella la unidad GIV ha sido datado mediante termoluminiscencia y series de Uranio y ha proporcionado unas fechas de  $118\pm 71$ -48 Ka (Falgueres, et al., 2013).

El registro arqueológico del Complejo Galería-Tres Simas se concentra en los niveles GII y GIII donde han sido registrado numerosos restos, se ha recuperado en torno a 12000 fósiles de mamíferos y 1800 útiles líticos (Ollé et al., 2013). La industria lítica encontrada se ha asociado al Achelense debido a los métodos de talla, la abundancia y las características de los grandes configurados que presenta el registro (Ollé et al., 2013, García-Medrano, et al., 2014, García-Medrano, et al., 2015).

Con respecto al registro faunístico, los estudios zooarqueológicos y tafonómicos presentan un conjunto formado principalmente por ungulados, la mayoría cérvidos y équidos. Los restos de carnívoros son escasos y abundan las aves y lepóridos (Rodríguez et al., 2011). Los restos presentan modificaciones realizadas tanto por carnívoros como por homínidos, aunque son mayoritarias las primeras. Se ha documentado el acceso primario a las carcasas por ambos. Los datos obtenidos junto a la presencia de una entrada vertical al sur de Galería (Trinchera norte) han llevado a interpretar el yacimiento como una trampa natural donde carnívoros y ocasionalmente los homínidos aprovecharían las carcasas de los grandes herbívoros que cayesen en ella (Díez Fernández-Lomana, et al., 1999, Huguet, et al., 1999, Cáceres, 2002).

También se han recuperado dos restos humanos que se han atribuido a la especie *H. heidelbergensis* que confirman la presencia antrópica en el registro (Cáceres, 2002, Rodríguez et al., 2011).

El conjunto de Galería es importante en el contexto del estudio de Gran Dolina debido a que su secuencia se solapa cronológicamente con los niveles superiores de ésta, objeto de estudio de este trabajo.

## 2.4 Gran Dolina

El yacimiento de Gran Dolina se encuentra en la Trinchera del Ferrocarril, a 30 m al norte del yacimiento de Galería. Esta cavidad es un conducto de dirección WNW-ESE con origen en una paleosurgencia del karst, que se relaciona con el relleno sedimentario de la pared de enfrente de la trinchera que se denomina Penal, aunque los resultados no parecen concluyentes (Ortega, 2009). El yacimiento presenta una morfología vadosa con una sección en forma de herradura que llega a cotas del nivel inferior. Es un conducto circular cuya bóveda alcanza los 18m. Se han realizado prospecciones geofísicas que indican que Gran Dolina continúa en el interior por un conducto en dirección ESE de sección freática al menos 30 m de longitud y se sugiere la relación de Gran Dolina con el complejo Galería-Tres Simas. Sin embargo, no se conoce de manera directa la continuación en el interior de la Sierra de Atapuerca (Bermejo et al., 2017).

La sección de Dolina presenta una secuencia estratigráfica con 18 m de potencia que se divide en 11 unidades litoestratigráficas nombradas de base a techo como TD1 a TD11, que se dividen en dos fases sedimentarias con la inclusión posterior de la unidad TD8-9 (Pérez-González, et al., 2001, Rodríguez et al., 2011, Parés, et al., 2013, Campaña, et al., 2017).

Las primeras dos unidades (TD1-TD2) son sedimentos autóctonos y arqueológicamente estériles. El resto de las unidades (TD3-TD11) son sedimentos alóctonos con una gran cantidad de restos fósiles y líticos. Finalizan los procesos de relleno con la formación de suelos de *terra rossa* en chimeneas de techo (Campaña, et al., 2016). Gran Dolina ha funcionado como una trampa natural donde se acumulan los sedimentos desde su apertura al exterior en el Pleistoceno inferior, hasta su colmatación en el Pleistoceno medio. Tras una revisión de la estratigrafía de Gran Dolina actualizada con los datos recuperados de la excavación en las últimas campañas, se han diferenciado 19 facies sedimentarias en el yacimiento, doce de las cuales son facies alóctonas (o de exterior) y siete son facies autóctonas (o de interior).

Las facies autóctonas de Gran Dolina se encuentran principalmente en las unidades TD1 y TD2, aunque también se aprecian estas facies en otras unidades estratigráficas dominadas por sedimentos alóctonos como TD7, TD8-9, TD9 y TD11.

Estas facies se pueden agrupar a grandes rasgos en dos grupos. Un primer grupo formado por espeleotemas, acumulación fosfática y residuo de disolución que son facies producidas por agentes químicos y biológicos. Este grupo aparece tanto en las unidades inferiores de TD1 y TD2, como en las unidades de TD7, TD8-9 y TD9. Las otras facies autóctonas implican un

proceso sedimentario hídrico donde un curso de agua subterránea transporta y deposita sedimentos finos en la cueva. Estas facies predominan en las unidades TD1 y TD2 (Campaña-Lozano, 2018).

Con respecto a las facies alóctonas, se observa dos procesos sedimentarios principales: flujo de gravedad y fluvial. Durante el Pleistoceno inferior, Gran Dolina actuó como un sumidero, donde flujos de gravedad entraban de manera esporádica y puntual, mientras un curso fluvial circulaba por la cavidad. A comienzo del Pleistoceno medio se produce un cambio importante en la secuencia sedimentaria. Las facies fluviales disminuyen drásticamente y la secuencia es dominada por flujos de gravedad desde TD8 hasta TD10. En TD11 vuelven a aparecer facies fluviales que colmatan la cavidad (Campaña-Lozano, 2018).

La secuencia alóctona en Gran Dolina tiene al menos dos importantes hiatos representados por crecimientos espeleotémicos (uno a techo de TD7 y dos sobre TD8 y TD8-9) y una superficie a techo de TD8 que erosiona parcialmente sus primeras sub-unidades. El actual corte estratigráfico disponible de la cueva es un corte oblicuo a la dirección principal del conducto, exagerando el tamaño de la cueva.

La entrada de la cueva de Gran Dolina ha ido variando a lo largo del Pleistoceno. La posición de las entradas condiciona la dirección de entrada de los sedimentos y la morfología del depósito. En Gran Dolina se han identificado tres entradas principales por donde se han introducido las grandes masas de sedimento. Además de estas entradas, la dirección del aporte de otros depósitos indica la existencia de otras entradas secundarias, que han funcionado durante periodos cortos (Campaña-Lozano, 2018).

Para obtener dataciones de los distintos estratos de Gran Dolina, se han utilizado varios métodos como el paleomagnetismo, la bioestratigrafía, termoluminiscencia y resonancia de espín de electrones o ESR (Parés y Pérez-González, 1995, 1999, Falguères et al., 1999, Cuenca-Bescós et al., 2001, 2010, Berger et al., 2008, Parés et al., 2013). La transición Brunhes-Matuyama se ha situado en la parte superior de TD7 (Parés y Pérez-González, 1995, 1999), abarcando desde el Pleistoceno inferior en los niveles TD1-TD7 hasta el Pleistoceno Medio de TD8 a TD11. Debajo del nivel TD7 se encuentra TD6 que incluye el conocido como Estrato Aurora, famoso por el descubrimiento de restos humanos asociados a la especie *Homo antecessor* (Carbonell et al., 1995, Bermúdez de Castro et al., 2008). Este importante estrato ha sido datado en 0,78-0,85 Ma, concretamente  $0,77 \pm 0,08$  Ma como fecha más exacta. Un estudio más reciente sugiere que el estrato Aurora sería más antiguo con una fecha de 0,936 Ma y que se habría formado durante el estadio isotópico MIS 25 (Falguères et al.,

1999, 2013, Duval et al., 2012, Parés et al., 2013). El nivel más inferior de Gran Dolina (TD1) está datado en  $1,18 \pm 0,15$  Ma y TD11 que es el más reciente entre 0,2-0,24 Ma por lo que abarca un rango de un millón de años (Berger et al., 2008, Falguères et al., 2013). Se ha sugerido la presencia del subcron Jaramillo o Cobb Mountain para el nivel TD1 a través de dataciones por ESR en cuarzo (Moreno et al., 2015, Pares, et al., 2018) (Figura 2.2).

Con respecto al registro arqueológico, los niveles TD4 y TD5 son los primeros donde se han encontrado varias herramientas líticas y algunos restos de fauna con marcas de corte que indican la ocupación del yacimiento hace 0,98 Ma (Carbonell y Rodríguez, 1994, Rosell, 2001, Cuenca-Bescós y García, 2007, Ollé et al., 2013, Moreno et al., 2015). El nivel TD6 es uno de los niveles junto con TD10 con alta presencia antrópica de la secuencia. TD6 es el único nivel que presenta fósiles humanos, estos corresponden al Pleistoceno inferior y a partir de ellos se describió una nueva especie, el *Homo antecessor*, el cual presenta las evidencias más antiguas de canibalismo entre homínidos (Fernández-Jalvo et al., 1996, Bermúdez de Castro et al., 1997, 2008). Las unidades TD7 y TD8 presentan numerosos restos paleontológicos, pero no hay evidencias de ocupación humana por el momento (Rodríguez-Gómez et al. 2017). En la unidad TD9 se han recuperado algunas piezas líticas aisladas y el registro óseo no se ha conservado debido a la presencia alta de fosfatos en el nivel (Pérez-González, et al., 2001, Campaña-Lozano, 2018). La unidad con más volumen de material es TD10 donde se han recuperado más de 100.000 restos fósiles y más de 30.000 herramientas líticas (Ollé et al., 2013, Rodríguez-Hidalgo et al., 2016, 2017). Finalmente, el nivel TD11 que colmata la cueva es una unidad estéril. Durante la secuencia podemos encontrar piezas líticas asociadas a distintos modos técnicos, el modo 1 en los niveles TD4, TD5 y TD6 y el modo 2 predominante en el nivel TD10, aunque se observa una transición al modo 3 en el relleno superior del subnivel TD10.1 (Ollé et al., 2013). Por último, se ha aportado valiosa información sobre las estrategias de caza en el Pleistoceno inferior y medio, además de numerosos datos paleoecológicos y ambientales (Díez et al., 1999, Saladié et al., 2011, Cuenca-Bescós et al., 2011, Rodríguez et al., 2011, Rodríguez-Hidalgo, et al., 2017).

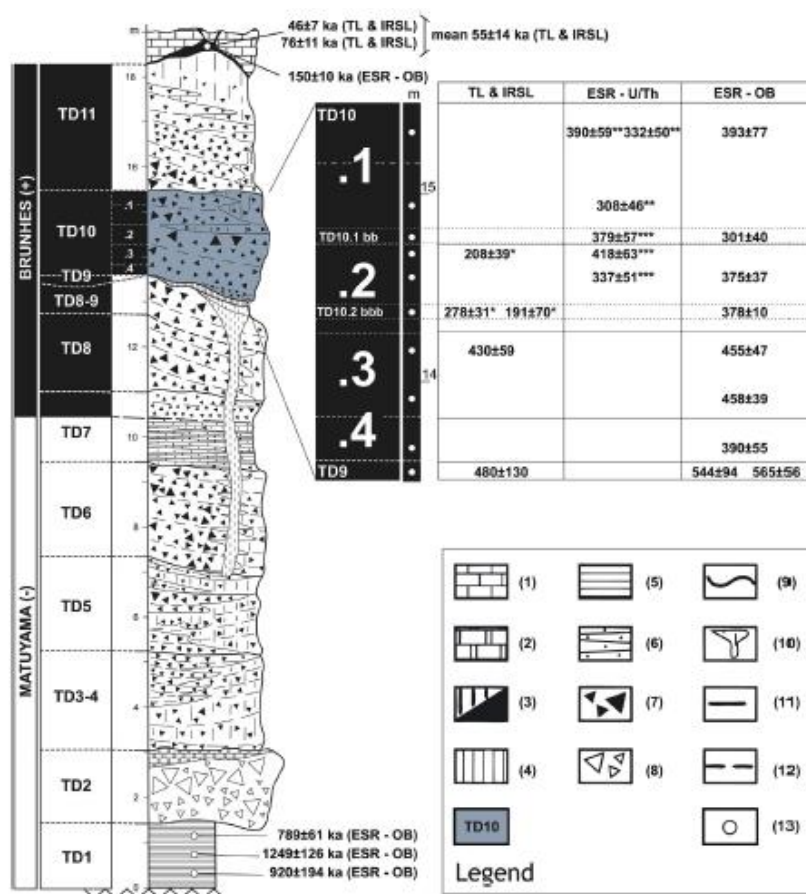


Figura 2.2. Sección estratigráfica (columna sintética) de Gran Dolina (Atapuerca) con las dataciones de ESR-U/Th, TL-IRSL and ESR-OB obtenidas en los trabajos de Falguères, et al., 1999; Berger, et al., 2008 y Moreno et al., 2015 (Saladié, et al., 2018:51, Fig.2).

Con respecto al registro arqueológico, los niveles TD4 y TD5 son los primeros donde se han encontrado varias herramientas líticas y algunos restos de fauna con marcas de corte que indican la ocupación del yacimiento hace 0,98 Ma (Carbonell y Rodríguez, 1994, Rosell, 2001, Cuenca-Bescós y García, 2007, Ollé et al., 2013, Moreno et al., 2015). El nivel TD6 es uno de los niveles junto con TD10 con alta presencia antrópica de la secuencia. TD6 es el único nivel que presenta fósiles humanos, estos corresponden al Pleistoceno inferior y a partir de ellos se describió una nueva especie, el *Homo antecessor*, el cual presenta las evidencias más antiguas de canibalismo entre homínidos (Fernández-Jalvo et al., 1996, Bermúdez de Castro et al., 1997, 2008). Las unidades TD7 y TD8 presentan numerosos restos paleontológicos, pero no hay evidencias de ocupación humana por el momento (Rodríguez-Gómez et al. 2017). En la unidad TD9 se han recuperado algunas piezas líticas aisladas y el registro óseo no se ha conservado debido a la presencia alta de fosfatos en el nivel (Pérez-González, et al., 2001, Campaña-Lozano, 2018). La unidad con más volumen de material es TD10 donde se han recuperado más de 100.000 restos fósiles y más de 30.000 herramientas líticas (Ollé et al., 2013, Rodríguez-Hidalgo et al., 2016, 2017). Finalmente, el nivel TD11

que colmata la cueva es una unidad estéril. Durante la secuencia podemos encontrar piezas líticas asociadas a distintos modos técnicos, el modo 1 en los niveles TD4, TD5 y TD6 y el modo 2 predominante en el nivel TD10, aunque se observa una transición al modo 3 en el relleno superior del subnivel TD10.1 (Ollé et al., 2013). Por último, se ha aportado valiosa información sobre las estrategias de caza en el Pleistoceno inferior y medio, además de numerosos datos paleoecológicos y ambientales (Díez et al., 1999, Saladié et al., 2011, Cuenca-Bescós et al., 2011, Rodríguez et al., 2011, Rodríguez-Hidalgo, et al., 2017).

## 2.5 Gran Dolina TD10

La unidad litoestratigráfica TD10 con 3 m de potencia es el nivel arqueo-paleontológico más reciente de Gran Dolina. La formación de esta se sitúa entre los estadios isotópicos marinos MIS 11-7 (Falguères et al., 1999, Berger, et al., 2008, Falguères, et al., 2013, Moreno, et al., 2015). El nivel se divide en cuatro subniveles litoestratigráficos nombrados de base a techo (TD10.4 a TD10.1), agrupadas en dos fases sedimentarias distintas (Pérez-González, et al., 2001) (Figura 2.3).

La unidad litoestratigráfica de TD10 es una sucesión de facies de *debris flow* desde la entrada principal oeste, con pequeños *inputs* desde las entradas secundarias y eventos de caída de bloques (Campaña-Lozano, 2018). También se han descrito facies de canal pero que tienen menor relevancia y que aparecen representadas en las zonas más bajas. TD10.4 muestra un alto porcentaje de matriz arcillosa que sugiere que hubiese un suelo formado en el exterior. Las otras tres subunidades son pobres en matrices arcillosas y predominan las facies de *debris flow* C y F (Campaña-Lozano, 2018).

La caída de bloques es una facies de interior que encontramos en la unidad TD10, es común que se produzcan en las entradas de las cuevas debido a la erosión exterior y produzca desplomes. Algunos de los bloques que caen son aportados al interior por los flujos de gravedad y lo podemos observar en esta unidad. Este tipo de facies se relaciona con eventos de apertura de la cueva o ensanchamiento que podemos observar en TD10. Los trabajos micromorfológicos indican que se produjo cambios en la morfología de la cueva desde ser poco accesible en los niveles TD9-TD10.4 hasta la formación de un abrigo rocoso en las últimas fases. Según el buzamiento de los sedimentos y el análisis micromorfológico de su matriz, la entrada principal de esta unidad se encontraría al oeste, en la zona conocida como Penal, aunque los desplomes producidos durante la formación de la unidad también generarían nuevas entradas secundarias (Mallol y Carbonell, 2008, Vallverdú, 2017, Campaña-Lozano, 2018).

Las dataciones absolutas disponibles para la unidad TD10 se enmarcan en torno a los 250-450 Ka (MIS11/8-7). La parte más alta de TD10.1 tiene una datación media de  $337\pm 29$  Ka (ESR/U-series) (MIS9). La parte inferior de TD10.1 tiene una fecha de  $379\pm 57$  (ESR-U-series) (MIS10) que pertenece al “lecho de huesos de TD10.1”. La subunidad TD10.2 presenta varias fechas con leve discordancia entre ellas. Por un lado, las dataciones por termoluminiscencia dan una edad media de  $244\pm 26$  Ka, mientras las dataciones por ESR/Th de muestras recogidas del “lecho de huesos de bisonte de TD10.22”, han proporcionado una edad de  $418\pm 63$  Ka (MIS11) y  $337\pm 51$  Ka. El estudio de ESR en los granos de cuarzo ha proporcionado una edad intermedia de  $301\pm 40$  Ka y  $393\pm 77$  Ka para la unidad TD10. En la subunidad TD10.3 tenemos dataciones obtenidas por ESR y TL que dan fechas de  $460\pm 110$  Ka y  $430\pm 59$  Ka respectivamente. Para la base del nivel y la subunidad TD10.4, tenemos fechas mínimas de 420 Ka y un rango de 400-450 Ka (U-series/ESR) (MIS11-12) (Parés y Pérez-González, 1999, Falguères et al., 1999, 2013, Berger et al., 2008, Moreno et al., 2015).

Las dataciones muestran coherencia con los datos bioestratigráficos que engloban los restos paleontológicos recuperados en la unidad faunística de Atapuerca (FU6). La abundancia de megaherbívoros, la ausencia de mamíferos adaptados a zonas boscosas cerradas, junto con la estructura de las paleocomunidades de mamíferos indican un paisaje de tipo sabana mediterránea. Los datos paleoambientales obtenidos del estudio de microvertebrados muestran la ausencia de condiciones extremas de tipo glaciario y una regularidad durante todo el registro. Los anfibios y escamosos sugieren condiciones climáticas cálidas-templadas en la base de TD10 mientras que en el resto de la secuencia se muestra un progresivo enfriamiento acorde a la dinámica de enfriamiento del Pleistoceno medio-superior. El estudio de los roedores sugiere un hábitat muy abierto y seco de tipo estepario y la herpetofauna un ambiente húmedo y boscoso. Esta discordancia puede deberse a factores tafonómicos (Cuenca Bescós, et al., 2005). Blain et al. (2008) propone que las diferencias se deben a grandes fluctuaciones entre las estaciones, con inviernos fríos y áridos y veranos suaves y húmedos. Aparte, los estudios polínicos indican la presencia continua de coníferas, árboles mesófilos y árboles de tipo mediterráneo a lo largo de la secuencia junto con gramíneas características de zonas abiertas (Cuenca Bescós, et al., 2005, Blain, et al., 2008, Rodríguez, et al., 2011).

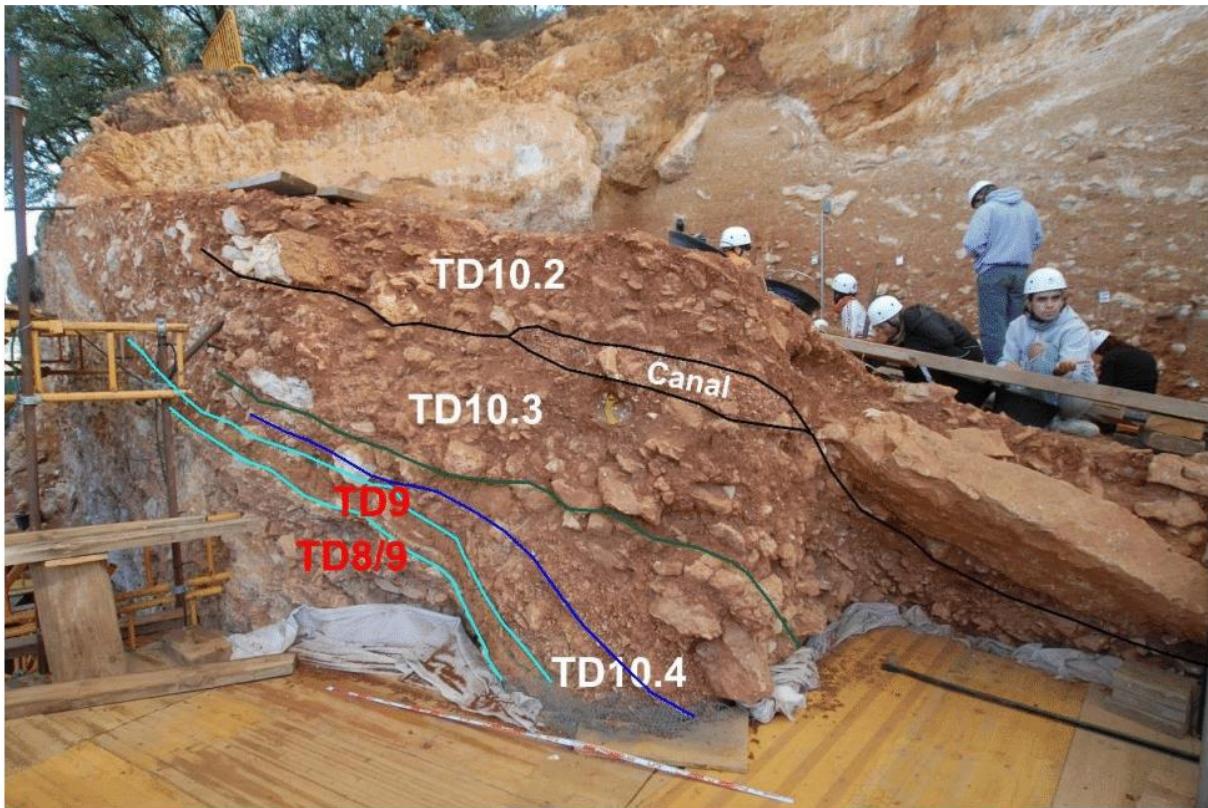


Figura 2.3. Replanteamiento del límite entre las subunidades TD10.3 y TD10.4 en la sección sur del cuadro H15. Sobre imagen tomada en 2009 (VVAA, 2018:114, Fig.77).

A nivel arqueológico, TD10 es el nivel más prolífico de los yacimientos que componen la sierra de Atapuerca, se han recuperado más de 119.000 restos de fauna y más de 34.000 de industria lítica.

Los estudios del conjunto lítico de TD10 se han enfocado mayoritariamente a la subunidad TD10.1. En términos tecnológicos, las herramientas líticas encontradas en el subnivel se encuadran en el Achelense final, mostrando diferencias y similitudes con los útiles recuperados en Galería, yacimiento que se sitúa escasos 30 m. También se aprecia una transición entre el Modo 2 y el Modo 3 a lo largo de la subunidad (Terradillos-Bernal y Díez-Fernández-Lomana, 2012, Ollé, et al., 2013, García-Medrano, et al., 2015, de Lombera-Hermida, 2020). En el estudio de Ollé et al. (2013) encontramos una visión general de todo el conjunto lítico de la unidad TD10.

También existen evidencias del uso del hueso como materia prima para fabricar herramientas como retocadores o raederas. En los lechos de huesos de TD10.1 y TD10.2 se han recuperado restos de huesos modificados, se han identificado más de cinco retocadores (Rosell, et al., 2011, Rodríguez-Hidalgo, 2015).

Con respecto al estudio de la fauna, se han realizado varios. En primer lugar, sobre el tramo superior de TD10.1, dónde se produce una superposición de distintos eventos independientes de homínidos y carnívoros en forma de palimpsesto. En torno al 70% del conjunto pertenece a ungulados de medio y gran tamaño como los caballos y ciervos. La presencia de homínidos se infiere a través de la existencia de herramientas líticas y modificaciones antrópicas, y la de los carnívoros a través de los restos y las marcas de dientes. Las dimensiones de las marcas nos indican que varios tipos de carnívoros modificaron el conjunto. La interpretación consiste en que, durante breves ocupaciones, los homínidos introdujeron y accedieron a carcasas de ungulados de gran y mediano tamaño y tras el abandono de estos, los carnívoros hicieron uso de la cueva introduciendo elementos de presas semejantes. Además, uno de estos depredadores estaría especializado en presas juveniles que se han relacionado con mordeduras de carnívoros (Saladié, et al., 2018).

La parte media de la secuencia excavada en las campañas 1998-2001, son materiales dispersos que corresponden con varias unidades estratigráficas. La interpretación consistió en que los homínidos eran el principal agente acumulador de estos materiales, concretamente macrovertebrados y que el acceso a las carcasas era principalmente primario e inmediato. Los carnívoros tienen baja actividad en el conjunto en base a la frecuencia de mordeduras encontradas. Rosell interpreta el registro como campamento referencial de larga duración (Rosell, 2001, Rosell y Blasco, 2008, Blasco y Rosell, 2009). Blasco continuó estudiando restos de la parte media-baja de TD10.1 y algunos materiales del lecho de huesos de TD10.1. Como el estudio anterior, también proceden los materiales de varias unidades estratigráficas. La interpretación es similar al previo trabajo, los homínidos son los principales acumuladores que acceden de manera primaria a las carcasas y existe baja incidencia de carnívoros. En este caso, también se incluye el estudio de mesofauna que presenta evidencias de consumo por humanos (Blasco, et al., 2013). A diferencia de Rosell, Blasco interpreta este registro como el producto de ocupaciones muy cortas y expeditivas, realizadas por distintos grupos (Blasco, 2011).

El estudio más reciente sobre la fauna de las subunidades de TD10 ha sido realizado por Rodríguez-Hidalgo (2015) en su tesis y artículos posteriores. En este trabajo realizó el análisis de dos de las principales acumulaciones óseas de Gran Dolina; el lecho de huesos de TD10.2 y el lecho de huesos de TD10.1. Se ha demostrado que ambas acumulaciones tienen un origen antrópico, en la que los homínidos intervienen como principales acumuladores y modificadores del registro. También se ha evidenciado la presencia de grandes carnívoros, con un papel importante como agentes modificadores de los registros arqueológicos. Se ha

señalado la caza como el modo de obtención de las carcasas en estos registros. Posiblemente las presas fueron capturadas a través de caza individual por aguarde y rececho, o bien mediante caza cooperativa por diversos métodos, incluso se ha podido constatar la evidencia más antigua de predación en masa a través de la caza comunal en el lecho de huesos TD10.2. Los resultados del estudio sugieren que la cavidad fue utilizada como *kill-butchering site* durante la formación del lecho de huesos, casi en totalidad huesos de bisonte, de TD10.2 y como campamento residencial durante la formación del lecho de huesos TD10.1 (Rodríguez-Hidalgo, 2015, Rodríguez-Hidalgo, et al., 2017).

## 2.6 El subnivel TD10.4

La cavidad de Gran Dolina tiene una nueva fase de cueva abierta en la unidad TD10 y la primera entrada de sedimentos después de la apertura es la subunidad TD10.4. Esta subunidad está formada por flujos de barros en sus laterales y por facies de canal A en su parte central con llanuras de inundación asociadas. Se encuentra basculada debido a la acomodación post-deposicional de la parte central y sur de Gran Dolina, siendo originariamente horizontal, al menos en su parte central. A través del estudio morfológico de las partículas de arenas, se ha identificado un nivel de alteración química dentro de TD10.4, al igual que en la unidad TD9.



Figura 2.4. Vista general frontal de la superficie de excavación, la superficie expuesta es la base de TD10.4 (VVAA, 2018:117, Fig.81).

En esta subunidad se aprecian gravas fluviales corroídas y ha crecido sobre ellas una costra fosfática identificada como hidroxipatito con diferente cristalinidad. El fosfato vendría aportado de la unidad anterior (TD9) (Campaña-Lozano, 2018) (Figura 2.4).

TD10.4 está compuesto por niveles de limo arcilloso de las llanuras de inundación con pequeños niveles de color amarillento dentro. Esta característica se observa también en el nivel TD9 y se relaciona con la alteración por fosfatos. Las observaciones realizadas sugieren que la formación de ambos registros fue gradual, produciéndose un descenso progresivo de los niveles de fosfatos con respecto a las entradas detríticas del exterior. Este cambio sugiere una apertura gradual de la entrada a la cavidad que comienza en el nivel TD9, posiblemente debido a la erosión de la caliza o de los sedimentos que colmataban la entrada. En las últimas excavaciones se ha encontrado una superficie verde amarillenta muy alterada con precipitaciones de fosfatos que o bien se relacionaría con esta subunidad o sería el techo de la unidad TD9. Si fuese esta última hipótesis, demostraría que la subunidad TD10.4 no se prolonga hacia el interior de Gran Dolina (Campaña-Lozano, 2018).

Para la base del nivel y la subunidad TD10.4, tenemos fechas mínimas de 420 Ka y un rango de 400-450 Ka (U-series/ESR) (MIS11-12). Estos datos concuerdan con dos medidas de TIMS tomadas de muestras de calcitas localizadas en la base que han dado unas fechas de 417+113/-54 Ka y 427+ 267/-72 Ka (Parés y Pérez-González, 1999, Falguères et al., 1999, 2013, Berger et al., 2008, Moreno et al., 2015).

Los estudios del registro arqueológico de esta subunidad se están realizando en la actualidad, tanto sobre las herramientas líticas como el conjunto faunístico. La industria lítica que encontramos en TD10.4 destaca por la presencia de configurados de gran formato y percutores (Mosquera, comunicación personal). La fauna recuperada en TD10.4 está formada por 644 restos fósiles que han sido analizados en el presente trabajo.

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1 Materiales

El conjunto faunístico analizado corresponde a un total de 644 restos que pertenecen al subnivel TD10.4. El subnivel se ha definido en base a trabajos arqueostratigráficos (Mosquera, et al., en preparación). Se realizaron una serie de proyecciones de las coordenadas tridimensionales de los objetos que han permitido caracterizar y dividir los materiales recuperados de las subunidades litoestratigráficas afinando en las clasificaciones dadas en campo. Por este motivo solo se han incluido los materiales coordinados que pertenecen a dicho horizonte arqueostratigráfico.

El proceso de recuperación de los restos óseos de los paquetes sedimentarios de Gran Dolina está sometido a un protocolo. Los restos óseos de macromamíferos mayores de 2 cm y los restos identificables independientemente de su tamaño como los dientes son individualizados y coordinados durante su recogida, junto con el material se recoge la información estratigráfica y espacial. Los materiales que tengan estas características que se hayan recuperado durante el lavado del sedimento serán coordinados con coordenadas aproximadas e individualizados. El resto de los materiales no son coordinados y se recogen en una bolsa de nivel que presenta datos sobre el nivel cuadro y la profundidad.

Los restos analizados en este trabajo son todos los materiales coordinados e individualizados que corresponden al horizonte arqueostratigráfico TD10.4. Además, se han revisado los restos de aves y lepóridos de las bolsas de nivel con el fin de identificar modificaciones antrópicas.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Identificación, medidas de abundancia y cuantificación en zooarqueología

La identificación anatómica y taxonómica de los restos se ha realizado utilizando distintos trabajos especializados en ello y a través de la comparación directa con la colección de referencia que posee el Instituto Catalán de Paleoecología Humana y Evolución Social (IPHES) en Tarragona. Para la identificación de mamíferos se han utilizado los trabajos de Pales y Lambert (1971), Pales y García (1981), Barone (Barone, 1976), Varela y Rodríguez (2004), France (2009) y concretamente para la identificación de la dentición, Hillson (2005). Para el caso de las aves se han utilizado diversos trabajos como los de Schmidt-Burger (1982) y García Matarranz (2019), entre otros.

Las características físicas de los restos taxonómicamente indeterminables como textura, osificación, tamaño, grosor de la cortical y radio de la circunferencia han sido utilizados para clasificar estos restos en grupos basados en tallas de peso (Brain, 1981, Bunn 1982, Díez Fernández-Lomana, 1993). Estos grupos han sido modificados y tratados por Rodríguez-Hidalgo (2015) para los conjuntos de Atapuerca-Gran Dolina TD10.1 y TD10.2, por lo que también se han tenido en cuenta para este trabajo por las similitudes de los taxones representados en el conjunto (Figura 3.1).

Categoría de Talla	Peso (kg)	Taxones incluidos en las tallas de peso (adulto)	Talla de peso africanistas (Brain 1981, Bunn 1982)	Peso aprox. (kg)
Muy grande	>800	<i>Stephanorhinus cf. hemitoechus</i>	Talla 5	900-2700
Grande	200-800	<i>Bison sp. pequeño</i> <i>Bison schoetensacki</i> <i>Equus ferus</i>	Talla 4	350-900
Media	50-200	<i>Equus cf. hydruntinus</i> <i>Cervus elaphus priscus</i> <i>Dama dama clactoniana</i> <i>Hemitragus bonali</i>	Talla 3 Talla 2	100-350 20-120
Pequeña	50-10	<i>Capreolus priscus</i> <i>Canis lupus</i> <i>Cuon alpinus europaeus</i> <i>Lynx sp.</i> <i>Meles meles</i>	Talla 2 Talla 1	20-120 <20
Muy pequeña	<10	<i>Vulpes vulpes</i> <i>Castor fiber</i> <i>Hystrix sp.</i> <i>Marmota marmota</i> <i>Oryctolagus cuniculus</i> <i>Felis silvestris</i> <i>Mustela putorius</i> <i>Erinaceus europaeus</i> <i>Testudo hermanni</i> Aves	-	-

Figura 3.1. Categorías de tallas de peso con taxones utilizadas en este trabajo. Presentan taxones asociados a cada talla (Rodríguez-Hidalgo, 2015:56, Tabla 4.1).

### 3.2.2 Cuantificación

En este trabajo hemos usado cinco tipos de medidas de abundancia principales para poder cuantificar los restos fósiles: el Número de Especímenes (NSP), que es el total de fósiles estudiados sin importar el nivel de identificación (Grayson, 1984), el Número de Especímenes Identificados (NISP), el Número Mínimo de Elementos (NME), el Número Mínimo de Unidades Animales (MAU) y el Número Mínimo de Individuos (NMI) (Lyman, 1994).

#### 3.2.2.1 El Número de Especímenes Identificado

El NISP es el número de especímenes identificados (a nivel taxonómico y/o anatómico) (Klein y Cruz-Urbe, 1984). En los registros arqueológicos, una pequeña parte de los restos se contabiliza en este índice de cuantificación. El resto que forma parte del NSP pueden dar información menor como la talla de peso a la que pertenecen o el tipo de hueso que son.

Según su morfología los huesos se pueden dividir en tres tipos: largo, plano y articular. Los huesos largos son aquellos elementos anatómicos que poseen dos epífisis, diáfisis y un canal medular (húmero, radio, ulna, tibia, fíbula y metápodos). Los huesos planos son elementos que tienen el canal medular pequeño o inexistente (cráneo, maxilar, mandíbula, escápula, apófisis y láminas de las vértebras, costilla y coxal). Dentro de los huesos planos, se ha utilizado una subdivisión en dos categorías para afinar más el análisis teniendo en cuenta la estructura y características morfológicas de los huesos: plano CV para los fragmentos de costillas y apófisis vertebrales, y plano MECC para los fragmentos de mandíbula, cráneo, escápula o coxal. Por último, los huesos articulares, los cuales presentan gran cantidad de tejido esponjoso (huesos del carpo, tarso y sesamoideos) (Rodríguez-Hidalgo, et al., 2015).

### 3.2.2.2 Número Mínimo de Elementos

Según Bunn (1986:677), el NME es la mayor estimación justificable del número mínimo de los elementos esqueléticos originales requeridos para dar cuenta del total de las muestras fragmentadas de un conjunto que son identificables. Existen distintas formas de estimar el NME, pero todas se basan principalmente en cuantificar todos los fragmentos óseos independientemente de su grado de fragmentación (Bunn,1986). Al ser un índice de cuantificación interpretativo, existen y se emplean distintos métodos para estimar su número por lo que se recomienda explicar el proceso en detalle (Egeland, 2007).

Para estimar el NME, se ha utilizado una metodología que emplea puntos de referencia anatómicos o *landmarks* para obtener el mínimo de veces que aparece en el conjunto por cada taxón. Los valores del NME de puntos de referencia junto con la densidad mineral de ellos, es el método más simple de explorar los procesos de atrición asociados a la densidad mineral entre elementos y dentro de ellos (Hill, 2008). Para calcular el NME total, además de la superposición de los puntos de referencia, también se ha tenido en cuenta la lateralidad, la edad y la talla del espécimen que nos permite afinar en mayor medida ese número mínimo estimado (Saladié, et al., 2011).

Para la estimación de los huesos largos se ha utilizado una metodología particular recomendada por Saladié et al. (2011). El método consiste en la división de los huesos largos en cinco porciones y en cuatro caras. Cada una de las cinco porciones posee un código numérico, que va desde la epífisis proximal con el número 1 hasta la distal con el 5. En la zona de la diáfisis tenemos los números 2, 3 y 4, siendo el número 2 la zona más proximal y la 4 la más distal. Por otro lado, las cuatro caras del hueso son anterior, posterior, lateral y medial. Las epífisis cuentan con una cara adicional que sería la superior en la proximal y la

inferior en la distal, sin embargo, en este trabajo se ha utilizado el término articular para definir esta cara. En el caso de no poder identificar la cara, se utiliza un código numérico en sustitución (Figura 3.2).

Si las porciones o las caras del hueso no se conservan completamente, estos códigos se colocan entre paréntesis. Además, si no se puede identificar la cara o la porción con claridad también se pueden poner las dos opciones separadas por / al igual que el símbolo + para sumar los distintos códigos numéricos o anatómicos que presente el hueso. La suma de estos criterios para determinar el NME nos permite obtener una estimación lo más cercana posible al número original de elementos representados en el conjunto (Saladié, et al., 2011).

Las costillas se han analizado aplicando el mismo sistema. Sin embargo, las porciones en las que se divide el hueso son distintas debido a su morfología. La porción 1 corresponde a la epífisis (cabeza, cuello y tubérculo costal), el ángulo costal es la 2, la tercera es la diáfisis proximal, la cuarta es la medial y la zona esternal, la quinta y última. Las caras se mantienen con la misma terminología. En los elementos pareados como los huesos largos, se ha considerado la superposición de porciones, cara y la ausencia/presencia de puntos de referencia. Además, se ha tenido en cuenta la lateralidad de los restos junto con la edad estimada de los animales a los que pertenecen.

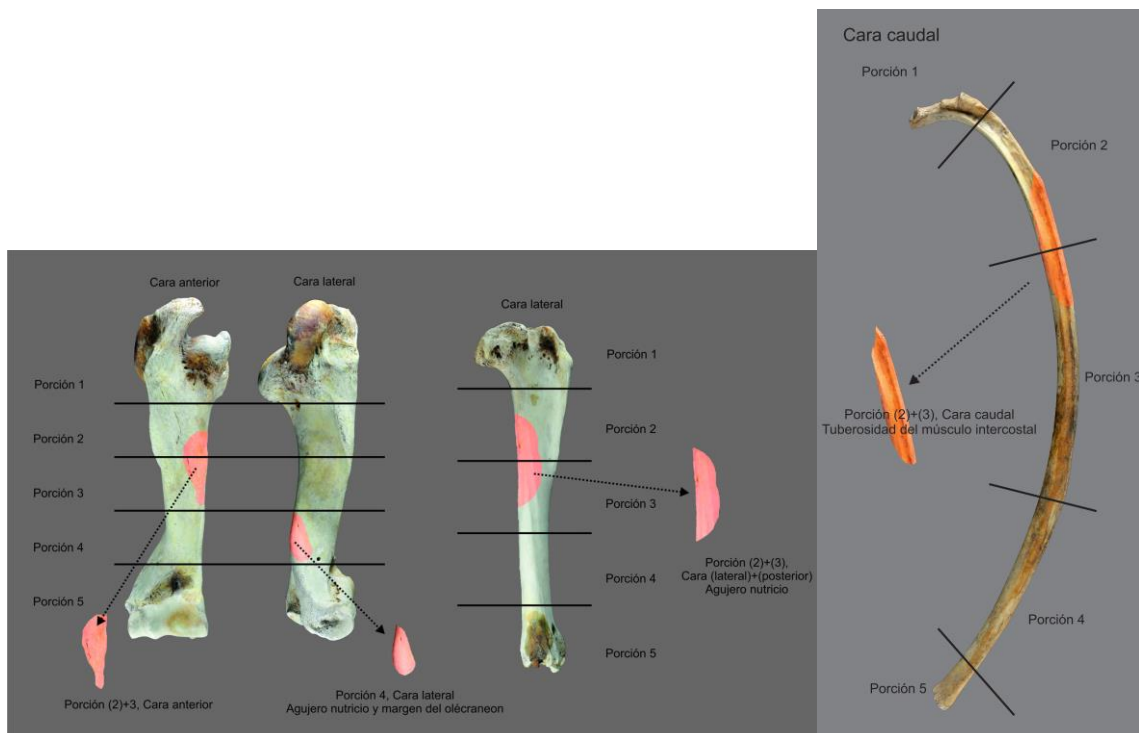


Figura 3.2. Nomenclatura usada en la descripción de las porciones y caras utilizadas para describir los especímenes fragmentarios de los huesos largos (izq.) y costillas (drch.) (Rodríguez-Hidalgo, 2015:58-59, Fig 4.2-4.3).

Para las vértebras, se ha utilizado la división por tramos para un recuento más preciso del NME (atlas, axis, cervicales 3-7, torácicas, lumbares y caudales). Las vértebras contabilizadas como elemento son aquellas que estaban completas o presentaban el *centrum* completo. Por último, el recuento de las mandíbulas y cráneos para establecer el NME, se ha realizado mediante el recuento y repetición de los dientes yugales teniendo en cuenta el lado, edad, desgaste, grado de erupción y reemplazamiento (Rodríguez-Hidalgo, et al., 2015).

### 3.2.2.3 El Número Mínimo de Unidades Animales

El MAU es la unidad comportamental desarrollada por Binford para identificar patrones de transporte y supervivencia diferencial a los procesos atricionales a través de la abundancia relativa de los elementos (Binford, 1978, Binford, 1984:50-51). Para calcular el MAU, se han dividido los NME globales entre el total de elementos que presenta un esqueleto completo. Para elementos pareados, el NME se ha dividido en dos y para elementos no pareados como las costillas o las vértebras, se ha dividido por el total correspondiente de cada elemento. Para que el resultado sea operativo, El MAU se estandariza dividiendo el de cada elemento por el MAU máximo del conjunto. Así, obtenemos el %MAU que nos permite establecer la relación entre los procesos atricionales y la representación.

### 3.2.2.4 El Número Mínimo de Individuos

El NMI es definido como el número mínimo de animales individuales necesarios para contabilizar un conjunto especificado analíticamente de especímenes de fauna identificados (Lyman, 1994:100). Para el cálculo del NMI se tiene en cuenta la lateralidad, el tamaño, la morfología y la edad del elemento esquelético más frecuente de un taxón que aparece en un conjunto (Lyman 1994, 2008). Debido a la buena conservación de los dientes en los yacimientos arqueológicos, estos elementos se suelen utilizar para realizar el recuento del NMI ya que también reflejan con gran acierto la edad de los individuos lo que nos ayuda a estimar mejor el NMI.

Para establecer el NMI de los distintos taxones, hemos utilizado el NME con el valor superior de cada taxón que en la mayoría de los casos ha sido las mandíbulas y cráneos. Las series dentales de las mandíbulas y cráneos junto a los dientes aislados nos ha permitido estimar el NMI teniendo en cuenta la lateralidad, edad, grado de erupción, reemplazamiento y desgaste para una mayor precisión. Hemos utilizado distintos trabajos para extraer la información sobre la dentición de los distintos taxones encontrados (Simpson, 1951, Smuts, et al, 1978, Levine, 1982, Wegrzyn y Serwatka, 1984, Vollmerhaus, et al., 2003, Pappa, et al., 2005, Hillson, 2005, Bunn y Pickering, 2010). Se ha completado el número de individuos del NMI a

través de la revisión del resto de elementos no dentales en busca de otros individuos que no tuvieran representación dental, sobre todo en el caso de taxones con poca representación en la dentición. Para el estudio de los patrones de desarrollo, epifisación y osificación de estos elementos hemos consultado los trabajos de Barone (1976) sobre el tema.

Con los datos proporcionados por el NMI, se pueden calcular índices como el índice de carnivorismo. El Índice de Carnivorismo (Klein, 1975) o relación entre carnívoros y ungulados (Cruz-Uribe, 1991) es uno de los índices propuestos para discernir entre acumulaciones producidas por carnívoros o antrópicas. Cuando en un conjunto acumulado la proporción de carnívoros es  $\geq 20\%$  se considera que éstos son probablemente, los responsables de la acumulación. La fórmula para calcularlo es: Índice de Carnivorismo =  $NMI \text{ carnívoros} * 100 / (NMI \text{ carnívoros} + NMI \text{ ungulados}) * 100$  (Klein, 1975).

### 3.2.3 Medidas de diversidad

La diversidad taxonómica del conjunto estudiado se puede obtener a través de varios índices, en este caso hemos calculado el índice de homogeneidad de Shannon (E) y el índice de dominancia de Simpson.

El índice de homogeneidad de Shannon es  $(E) = -(\sum p_i * \ln p_i) / \ln S$ ,  $S$  representa el número de taxones representados en el conjunto y  $p_i$  es la proporción estandarizada de los especímenes identificados por cada  $i$ ésima especie. Este índice expresa como de uniforme en cuanto a abundancia es la distribución de las especies que aparecen en un conjunto. El valor numérico que se obtiene oscila entre 0 y 1, donde los valores más cercanos a 0 representan poca uniformidad y los más próximos a 1 indican una abundancia semejante en todos los taxones del conjunto (Magurran, 1988).

El índice de dominancia de Simpson es  $(D) = \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)$ ,  $n_i$  representa el número de especímenes de una  $i$ ésima especie y  $N$  es el número total de especímenes. Este índice tiene en cuenta las especies que están mejor representadas en el conjunto, nos indica si hay algún taxón dominante sobre el total y la probabilidad de que dos especímenes elegidos al azar pertenezcan al mismo taxón. El valor obtenido se encuentra entre 0 y 1. Si el valor está más cerca del 1 significa que en el conjunto existe un taxón que predomina o tiene mayor representación sobre el resto (Magurran, 1988).

En algunas ocasiones los restos se atribuyen a grupos taxonómicos solapados como, por ejemplo, *Cervus*, *Dama* a Cervidae indeterminado. En este trabajo se han utilizado el método desarrollado por Grayson para calcular los taxones superpuestos (Grayson y Delpech, 1998,

Grayson y Delpech, 2002). En el caso del ejemplo anterior, para distribuir los restos de Cervidae indeterminado entre *Cervus* y *Dama*, se multiplicaría los restos de Cervidae por uno de los dos taxones y se divide con la suma de los restos de los dos taxones. El resultado es el número de restos que se le debe sumar a dicho taxón, el cálculo se debe realizar ambos taxones sobre los que se quieren agrupar los restos.

### 3.2.4 Patrón de mortalidad

Siguiendo los criterios definidos por Stiner (Stiner, 1990, 1991), se han dividido los individuos estimados para cada taxón en tres grupos: juveniles, adultos y viejos. En la mayoría de los mamíferos, se define el paso de un individuo a la adultez cuando se produce el reemplazamiento dental del dP<sub>4</sub> por el P<sub>4</sub>. En los ungulados rumiantes, la pérdida de la infundíbula en la pre- y post-foseta del M<sub>1</sub>/M<sub>2</sub> indica la senectud del individuo.

Además de la división principal en tres grupos, para algunos ungulados se han utilizado las recomendaciones de Bunn y Pickering (2010) que subdividen los individuos en cinco grupos: Los individuos juveniles se pueden dividir en *young juvenile* o *subadult juvenile* y los adultos en *early prime*, *late prime* y *old*. Para esta división se utilizan una serie de criterios relativos a la erupción dental y el desgaste oclusal de los dientes yugales.

Para la representación gráfica del patrón de mortalidad, hemos utilizado los gráficos triangulares o *ternary plots* “modificados” (Stiner, 1990, Steele y Weaver, 2002). Cada vértice del triángulo representa uno de los tres grupos de edad (juveniles, adultos y viejos) y se representan proporcionalmente a su presencia en el conjunto. En esta gráfica aparece un punto que corresponde a los datos introducidos, acompañado de una elipse que representa un intervalo de confianza del 95% y que se forma a través del método de simulación conocido como *bootstrapp* (10.000 remuestreos) (Steele y Weaver, 2002) (Figura 3.3).

La interpretación de los resultados obtenidos se ha realizado en base a los trabajos de Stiner (1990) y Discamps y Costamagno (2015), ambos presentan agrupaciones por zonas dentro de la gráfica según distintos criterios. Stiner (1990) describe distintas zonas de influencia en relación con los perfiles de mortalidad clásicos como el atricial y el catastrófico, además los relaciona con los nichos predatorios de los distintos carnívoros (corredores y por emboscada) y homínidos. Discamps y Costamagno (2015) proponen una nueva división en zonas apoyadas matemáticamente (zonas JPO, JOP, O y P), combinada con categorías específicas de edad por especies basadas en datos etológicos y ontológicos. Las siete especies descritas son las que comúnmente, son más depredadas por los homínidos.

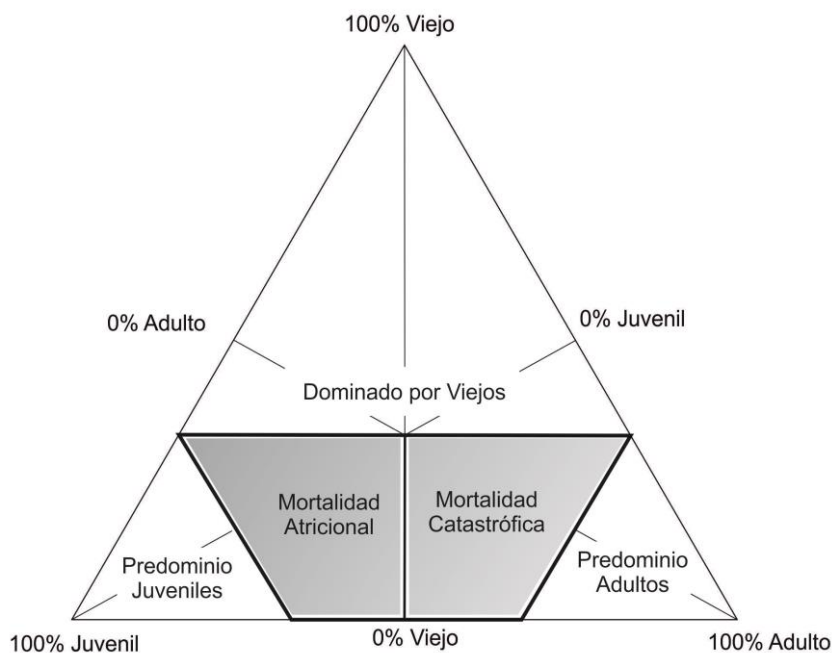


Figura 3.3. Diagrama triangular de mortalidad (“ternary plot”) donde se refleja las diferentes zonas o patrones de mortalidad descritos por Stiner (1990) (Rodríguez-Hidalgo, 2015:64, Fig.4.5).

### 3.2.5 Representación esquelética

En los estudios zooarqueológicos, la representación esquelética final de un conjunto puede verse afectada por dos factores principales: el transporte diferencial y los procesos de conservación diferencial. Esta información es una de las bases fundamentales a la hora de interpretar los conjuntos arqueofaunísticos (Bunn, 1986, Klein, 1989). Junto al transporte, numerosos de agentes y procesos tafonómicos intervienen en la formación del conjunto y modifican o afectan a los patrones de representación anatómica obtenidos.

Para la interpretación de los datos, debemos tener en cuenta estos procesos. Los procesos de destrucción relacionados con la densidad mineral tienen gran importancia ya que provocan casos de equifinalidad en los patrones de representación anatómica (Grayson, 1989). Los perfiles anatómicos pueden estar sesgados debido a diferentes causas: procesos postdeposicionales (mecánicos y químicos), transporte de las carcargas por los homínidos, saqueo de los carnívoros de los restos abandonados o una combinación de varios de estos agentes y procesos (Saladié, et al, 2014).

La conservación diferencial de parte del esqueleto se puede deber a estos procesos tafonómicos y a la variabilidad de la densidad mineral inter- e intraespecífica que posee los

distintos elementos esqueléticos y sus partes. Para ello, hemos utilizado en este trabajo los datos del %MAU y la densidad mineral de las distintas partes escaneadas en las que se dividen los elementos y hemos calculado el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ) y de Pearson ( $r$ ) que tienen estos valores. Los valores utilizados para la densidad mineral son los presentados por Lam et al. (1999) tanto para la talla grande (caballos y bisontes) como para la talla media (cérvidos), debido a que se obtuvieron por escaneo CT. Este método calcula la densidad mineral total (BMD) de cada zona del elemento esquelético y es más precisa que la densimetría de fotones (PD) ya que distingue de forma más exacta la heterogeneidad interna de la estructura del hueso (Lyman, 1994, Lam, et al., 1998, Lam, et al., 1999, Lam, et al., 2003).

### 3.2.6 Fragmentación y fracturación

Los yacimientos arqueológicos destacan por presentar el material muy fragmentado debido a distintos agentes tafonómicos, tanto agentes biológicos como físicos. Algunos autores han propuesto utilizar el término fragmentación para las acciones de origen mecánico que dependen de factores hidrotérmicos o climáticos y, por otro lado, fracturación para las acciones biológicas, ya sean carnívoros u homínidos (Brugal, 1994, Mateos Cachorro, 1999).

La mayoría de los autores señalan que la morfología de las fracturas de los huesos depende, en gran medida, del estado de los huesos (frescos o secos) (Bunn, 1983, Villa y Mahieu, 1991, Outram, 2001, Cáceres, et al. 2002).

Los huesos frescos tienen mucha plasticidad que favorece su deformación, cuando son sometidos a una presión considerable, se genera una fractura que se extiende desde la zona de presión hasta la epífisis del elemento a través de las líneas de debilidad. En cambio, los huesos secos pierden sus características orgánicas y la humedad, convirtiéndose en materiales rígidos y quebradizos. Cuando se ejerce presión sobre ellos, la fuerza se extiende por la microestructura mineral formando grietas perpendiculares al eje longitudinal de las fibras de colágeno. La varianza en las propiedades físicas del hueso condiciona la morfología de las fracturas, y en cada caso se puede relacionar a procesos concretos.

Por tanto, la fracturación de los huesos frescos es producida por agentes biológicos con el fin de obtener los nutrientes que poseen, mientras que la fragmentación de los huesos secos es generada por agentes físicos, diagenéticos y carentes de finalidad.

Bunn (1983) establece un método para diferenciar ambos procesos en los huesos largos que posteriormente, Villa y Mahieu (1991) modificaron y ampliaron.

El índice de fragmentación (Bunn, 1983), valora la proporción que se conserva de la sección y la longitud de los huesos largos con respecto a los huesos completos. Se trata de un sistema numérico que asigna un valor a una medida ósea. Así, el número 1 significa que se conserva menos de  $1/3$  de la sección de diáfisis original, el 2 corresponde a la conservación de esta entre  $1/3$  y  $2/3$ , mientras que el número 3 corresponde a la sección completa. Con respecto a la longitud de la diáfisis, el hueso se divide en cuatro porciones: el número 1 corresponde a menos de  $1/4$  de la misma, el 2 representa una conservación entre  $1/4$  y  $1/2$ , el 3 entre  $1/2$  y  $3/4$  y el 4 corresponde a los fragmentos que conservan entre  $3/4$  y la longitud original de la diáfisis.

Como complemento a este análisis, Villa y Mahieu (1991) introducen la caracterización de los paños de fractura para determinar el estado de los huesos ante la fracturación. Estos autores, establecen tres caracteres a tener en cuenta en los paños de fractura: la delineación con respecto al eje longitudinal del hueso (transversal, longitudinal o curvo), el ángulo del paño de fractura (oblicuo, recto o mixto) y la super del paño de fractura (suave o irregular). A través de este análisis, establecen que las fracturas producidas en los huesos frescos son normalmente curvas, oblicuas y suaves, mientras que las provocadas en los huesos secos suelen ser fracturas transversales, con ángulos rectos e irregulares.

Además de al análisis, Villa y Mahieu (1991) añadieron otras apreciaciones con respecto a las observaciones de Bunn (1983) en relación con la sección y longitud de la diáfisis. Bunn atribuye las secciones completas a la actividad de carnívoros, mientras que Villa y Mahieu ponen en relieve que esto se presenta de forma muy común como consecuencia de procesos postdeposicionales. Este tipo de ruptura tiende a crear cortes tubulares, aunque en los huesos frescos se suelen presentar circunferencias incompletas.

Las fracturas helicoidales se pueden producir en huesos en seco y en fresco. En los secos tienen una superficie de fractura rugosa y en los frescos es suave. Eso significa que el análisis de los paños junto al índice de fragmentación nos puede ayudar a determinar si predomina la fragmentación post-deposicional o la fracturación intencional de un conjunto.

Las secciones completas o cilindros diafisarios son comunes en los conjuntos generados por carnívoros, mientras que en los que predomina la fracturación antrópica, las secciones diafisarias presentan menos del 50%. El análisis de los paños de fractura nos permite determinar si el conjunto se ha fracturado en seco o en fresco y por tanto si el agente responsable es biológico o abiótico.

Junto a estos análisis que tienen en cuenta las características y la morfología de los paños de fractura, las modificaciones tafonómicas producidas por dientes o percutores en la superficie

de los huesos suponen otro de los criterios que nos ayuda a identificar el agente acumulador (carnívoros u homínidos).

Para los restos que pertenecen a mesovertebrados (lepóridos y aves, entre otros), se han utilizado los criterios de Lloveras para analizar la fracturación y fragmentación de estos huesos (Lloveras, et al, 2008, 2014).

### 3.2.7 Modificaciones en la superficie de los huesos

#### 3.2.7.1 Mordeduras de carnívoros

Las mordeduras de carnívoros han sido clasificadas y analizadas basándonos en una serie de criterios morfológicos que exponen los diferentes autores (Haynes, 1980, 1983, Binford, 1981, Blumenshine y Marean, 1993, Fisher, 1995, Blumenshine, et al., 1996). Las marcas de dientes se han clasificado como surcos (*scores*), depresiones (*pits*) o depresiones e improntas (*punctures*).

Las marcas de dientes de carnívoros se definen como estrías de aspecto sinuoso que tienen una sección transversal en forma de “U” y fondo plano o irregular. Su morfología y tamaño, tanto longitud como anchura, son variables y es habitual que presenten los bordes redondeados (Binford, 1981, Bunn, 1981, Shipman, 1983).

En relación con los tipos de mordeduras, se denominan improntas a las mordeduras que presentan el negativo de una pieza dental o varias cúspides de una misma serie, en la literatura anglosajona se le llama “*puncture*” a este tipo de mordedura (Binford, 1981) o *punctate depression*, o *perforations* (Maguire, et al., 1980). Este tipo de mordeduras suelen producirse en el tejido esponjoso como pueden ser las epífisis y sus proximidades o huesos poco compactos como puede ser el coxal y los cuerpos vertebrales, sin embargo, también pueden producirse en tejido cortical. Las perforaciones se producen de la misma forma que las improntas, pero el tipo de huesos donde se realiza condiciona la morfología de la marca. Cuando las cúspides de los dientes presionan en el tejido cortical pueden producir el colapso de la superficie que dejando una morfología de tipo subcircular. Este tipo de marcas aparecen normalmente en las diáfisis de los huesos largos.

Las depresiones o *pits* son hundimientos con forma oval o circular que se producen en la superficie cortical del hueso. Este tipo de mordeduras ha sido denominado por Binford (1981: 51) como *pitting* o también como *shallow-pitting* por Maguire et al. (1980:79-80). Las depresiones se encuentran normalmente en las partes más duras del hueso como es el tejido

cortical de las diáfisis. A diferencia de los anteriores tipos de marcas, la superficie cortical no colapsa porque el carnívoro ejerce menor fuerza y solo consigue la alteración de esta.

Por último, los surcos o *scores*, *tooth scratches* (Binford 1981:44-48) *striations* o *gouche marks*, (Maguire et al. 1980:79:80) son las marcas que se producen por el arrastre de las cúspides de los dientes por la superficie del hueso en zonas más o menos resistentes. Su forma es lineal y acanalada con una sección transversal en forma de “U”. Para diferenciar marcas que no son claras entre depresiones y surcos, Selvaggio (1994) propone un criterio métrico en el que se define que los surcos son tres veces más largos que anchos. A veces se presentan formando grupos de estrías en posición paralela o subparalela (*scoring*) y suelen presentarse de forma perpendicular al eje longitudinal del hueso.

La pérdida del tejido a través del mordisqueo se denomina *furrowing* (Haynes, 1980, 1983). Se asocia con la pérdida en las epífisis de los huesos largos y en los huesos que presenten una cantidad suficiente de tejido trabecular. Hay distintos niveles intensidad del *furrowing* dependiendo del tiempo y la capacidad de modificación que posea el carnívoro. Cuando esta acción es muy intensa, se produce lo que se conoce como vaciado que consiste en la desaparición total del tejido esponjoso de las epífisis y en la apertura del canal medular en los huesos largos. Los vaciados se encuentran normalmente en las epífisis proximales de tibias y húmeros, las distales de los radios y en ambas en el caso del fémur debido a que son las zonas menos densas. A través de la eliminación de las epífisis, los carnívoros pueden acceder a la medula ósea que se encuentra en el interior. La acción de los carnívoros sobre el tejido más duro de las metáfisis provoca a veces que se produzcan grupos de surcos y depresiones en gran número y que se conoce como *pitting*. Esta acción suele ir acompañada del chupeteo o *licking*, que consiste en lamer el hueso repetidamente mientras que se mordisquea. El chupeteo es una acción abrasiva que deja una serie de modificaciones en el hueso como es el adelgazamiento de los bordes de fractura junto con el redondeado y pulido de la superficie del hueso. Además de borrar o alterar modificaciones anteriores.

En los huesos planos que presentan una estructura más grácil, como la escápula, los dientes pueden generar bordes crenulados o *crenulated edges* según Binford (1981:44) y *ragged-edged chewing* Maguire et al. (1980:79-80). Esta modificación se produce cuando los dientes penetran en el tejido y elimina un área en el borde similar a la superficie del diente. A veces, se puede observar la morfología de la serie dentaria del carnívoro. El *furrowing* y los bordes crenulados pueden presentar problemas de equifinalidad con otro tipo de modificaciones de origen abiótico (Pickering, 1999).

Los huesos digeridos han sido identificados en base a las modificaciones descritas y criterios de (Tappen y Wrangham, 2000, Esteban-Nadal, et al., 2010) y clasificados con los diferentes grados de digestión expuestos por Lloveras et al. (2008).

El uso de parámetros métricos en los surcos, depresiones y perforaciones es útil para estimar la talla del carnívoro generador de las marcas halladas (Domínguez-Rodrigo y Piqueras, 2003). Durante el análisis de este material, se han medido todas las mordeduras excepto aquellas que no tenían unas dimensiones marcadas claras. Las medidas han sido obtenidas a través del uso de un calibre digital junto con una lupa binocular a menos de 40 aumentos. En cada medida se ha tenido en cuenta el tipo de mordedura, la zona del hueso (epífisis, metáfisis y diáfisis) y el tipo de tejido (cortical o esponjoso). Los resultados han sido comparados con los datos obtenidos en varios trabajos experimentales que se han realizado con carnívoros (Selvaggio, 1994, Delaney-Rivera, et al., 2009, Andrés, et al., 2012, Sala, 2012, Saladié, et al., 2013, Sala, et al., 2014, Yravedra, et al., 2014).

Además de este tipo de modificaciones, los carnívoros también pueden producir fracturas en los huesos. El tipo y grado de fracturación depende del tipo de carnívoro que las produce y su etología alimentaria (Blumenschine y Madrigal, 1993). Los grandes carnívoros utilizan dos estrategias principales para la fracturación de los huesos que pueden ser identificadas a través de la morfología característica que generan. Han sido identificadas y caracterizadas por diversos autores (Binford, 1981, Brain, 1981, Haynes, 1983, Hill, 1989). La primera de estas estrategias es la fracturación de huesos largos ejerciendo presión con los dientes en la diáfisis. Esto crea fracturas en forma de espiral o helicoidal que se extienden a las líneas de debilidad del hueso hasta llegar a la epífisis que absorbe la fuerza debido a su estructura trabecular. Los fragmentos generados presentan en su mayoría paños de fracturas curvos, oblicuos y suaves (Brain, 1981, Haynes, 1983, Johnson, 1985). Estos fragmentos de diáfisis pueden presentar o no marcas de dientes. Los carnívoros que realizan este tipo de fracturas poseen un fuerte aparato masticatorio como es el caso de las hienas que son los carnívoros que con mayor frecuencia las producen, seguidas de los lobos y en menor medida los osos (Binford, 1981, Brain, 1981, Haynes, 1982, Saladié, et al., 2013).

La otra estrategia que realizan los carnívoros es la reducción de la epífisis para acceder a la médula que se encuentra en los cilindros diafisarios producidos, esto permite la fractura de la diáfisis con menor dificultad. Esta estrategia ha sido documentada en lobos y osos (Binford, 1981, Pinto y Andrews, 2004, Pinto, et al., 2005, Saladié, et al., 2013). Este tipo de consumo suele dejar numerosas marcas de dientes en la zona de la metáfisis y la diáfisis. Los bordes de fractura presentan modificaciones propias del chupeteo (adelgazamiento de la cortical,

redondeo y pulido) producido como consecuencia de la obtención de la médula a través de los extremos de los cilindros diafisarios. Si el cilindro no se abandona también puede ser fracturado.

Ambas estrategias de fracturación generan lascas medulares y corticales que son similares a las generadas por percusión. La presencia de extracciones de pequeño tamaño crea bordes dentados o *chipping back edges* (Binford, 1981). Varios autores han intentado diferenciar las lascas y conos generados por carnívoros de los producidos por fracturación antrópica pero los resultados no han sido concluyentes, por tanto, no se utilizan como elementos diagnósticos, aunque suelen ser más comunes en la fracturación antrópica (Brain, 1981, Bunn, 1981, Capaldo y Blumeschine, 1994).

### 3.2.7.2 Las modificaciones de las fases subaérea y fosildiagenética

Tras la fase nutritiva de las carcasas, sobre ellas pueden aparecer una serie de modificaciones postdeposicionales debido a una serie de agentes biológicos y mecánicos que actúan en la superficie de los restos óseos. Estos agentes intervienen tanto antes como después de que los restos fósiles se entierren. El estudio de este tipo de modificaciones nos aporta información fundamental para reconstruir la historia tafonómica de un conjunto y conocer las condiciones ambientales en las que se dispersan y acumulan.

El conjunto estudiado pertenece a un medio kárstico y por tanto la mayoría de las modificaciones que se presentan tienen relación con las condiciones ambientales características de cuevas y abrigos.

Las modificaciones provocadas por agentes biológicos que podemos encontrar en cuevas y abrigos son las siguientes: acción de roedores, pisoteo (*trampling*), alteraciones provocadas por raíces.

Los roedores, entre ellos destaca los del género *Hystrix*, generan una serie de modificaciones en los huesos a través de las mordeduras. Cuando realizan las mordeduras en el tejido trabecular pueden producir vaciados semejantes a lo de los carnívoros acompañados de marcas radiales o paralelas (Maguire, et al., 1980). Es más común encontrar marcas en el tejido cortical y en huesos largos como, por ejemplo, marcas transversales en las diáfisis de los huesos largos y en los bordes fracturados. Los huesos roídos por roedores normalmente tienen un gran número de marcas que son constantes en tamaño y morfología y se agrupan paralelas al hueso (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Los roedores pueden generar grandes acumulaciones de huesos en el interior de cavidades (Brain, 1981). También actúan sobre los

huesos secos, por lo que la evidencia de numerosas marcas puede indicarnos un enterramiento lento de los materiales.

Otro tipo de modificación producida por un agente biológico es el pisoteo (*trampling*) que se produce debido a la exposición de los huesos en la superficie. El tránsito de seres vivos en una zona produce que los sedimentos abrasen los huesos y provoquen una serie de incisiones finas y superficiales. A diferencia de las marcas de corte, estas marcas presentan el fondo plano y no una sección en “V”, y además se presentan de manera desordenada en la superficie del hueso. Las marcas de *trampling* tienen predisposición a aparecer con una orientación transversal al eje longitudinal del hueso (Andrews y Cook, 1985, Behrensmeyer, et al., 1986, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Este tipo de modificación se puede producir tanto si el hueso se encuentra en superficie hasta si se encuentra enterrado. El pisoteo incluso puede generar muescas en los bordes de fractura, mayormente en casos donde existen ángulos oblicuos (Blasco, et al., 2008). El *trampling* de forma aislada puede ser muy similar a las marcas de corte y en algunos casos presentar problemas de equifinalidad, por ello se han realizado numerosos trabajos con el objetivo de diferenciar estos tipos de marcas (Domínguez-Rodrigo, et al., 2009, Souron, et al, 2019, Courtenay, et al, 2019, entre otros).

La acción de raíces puede producir modificaciones en los huesos, estas son surcos con ramificaciones que tienen una longitud, anchura y profundidad variables y que presentan fondos redondeados también se denominan vermiculaciones (Binford, 1981). La presencia en restos de cavidades se asocia a entrada de material desde el exterior, entradas de luz o la cercanía a la entrada de la cavidad (Behrensmeyer, 1978). Las raíces pueden producir corrosión química en los huesos al igual que también la puede producir la composición del suelo y el pH, cuanto más acidez tenga el suelo mayor afección (Lyman, 1994, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

El desplazamiento de los restos por corrientes hídricas puede generar una serie de modificaciones como es el *trampling* y en mayor medida el redondeamiento y el pulido. Esto se produce debido a la fricción de las partículas sedimentarias con el hueso durante el movimiento del agua que erosionan o abrasan su superficie (Behrensmeyer, et al. 1989, Gifford-González, 1989, Behrensmeyer, 1991, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). El grado de redondeamiento y de pulido de los restos depende de diversos condicionantes como son: el tamaño de los granos de sedimentos que transporte el agua, el estado del hueso (fresco, seco, meteorizado...) y las propiedades fisicoquímicas (tipo de hueso y estado de fosilización). Se han utilizado los distintos grados (0-4) de redondeamiento y pulido establecidos por Cáceres (2002).

La exposición de los huesos a los agentes atmosféricos origina una serie de modificaciones que se conoce como *weathering*. Supone la descomposición y destrucción de los huesos, Behrensmeyer (1978:150) lo define como parte del proceso natural en el que los nutrientes se reciclan en y sobre los suelos. La superficie ósea sufre una serie de agrietamientos y exfoliaciones que se producen dependiendo de factores como los cambios de temperatura y humedad y la exposición solar. Behrensmeyer (1978) también propuso una serie de estadios (0-5) que permiten clasificar el grado de incidencia que tiene esta modificación en los huesos. La presencia o ausencia de *weathering* en los restos nos puede dar información sobre el tiempo de exposición de los huesos en la superficie antes de que se enterrasen y acumulasen y en el caso de los espacios cubiertos como las cavidades podría indicarnos una acumulación transportada desde el exterior (Behrensmeyer, 1978, Rodríguez-Hidalgo, 2015, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

La precipitación de óxidos en los huesos produce distintos tipos de coloraciones. Los suelos oxigenados y ricos en hierro provocan una coloración rojiza en los huesos, mientras que la exposición al agua recién oxigenada promueve el crecimiento de cristales de dióxido de manganeso que los tiñen de color negro. La presencia de deposiciones de manganeso está relacionada con condiciones ambientales caracterizadas por la humedad o encharcamiento constante, pH cercano al neutro y condiciones anaeróbicas, así como la implicación de bacterias. Este tipo de coloraciones son muy comunes en sistemas kársticos donde se producen recubrimientos de manganeso en el interior de las cuevas debido a la insolubilidad del óxido de manganeso (López-González, et al., 2006, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

En los ambientes húmedos también podemos encontrar modificaciones como son las concreciones o cementaciones en los huesos. Estas se producen debido a la dilatación y compactación de los sedimentos debido a los cambios de humedad, por lo que los huesos pueden estar cubiertos total o parcialmente de matriz sedimentaria. Además, los huesos cementados pueden ser el resultado de la alta presencia de carbonatos en el agua (Courty, et al., 1989, Rodríguez-Hidalgo, 2015, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

Los cambios de humedad también pueden generar fisuras en la superficie cortical de los huesos debido a la dilatación y contracción, incluso generar fracturas diagenéticas. Las fracturas también se pueden producir por la presión del sedimento y pueden derivar en aplastamientos y deformaciones de los huesos (Shipman, 1981, Rodríguez-Hidalgo, 2015, Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

### 3.2.8 Cuantificación y análisis de las modificaciones en la superficie de los huesos

En este trabajo se han cuantificado todas las modificaciones en términos de ausencia o presencia por espécimen (NSP), expresándose en frecuencias absolutas y relativas. También han sido realizadas en algunas ocasiones en relación con el NISP y en el NSP agrupado por tallas de peso (Lyman, 2008). Además, las mordeduras producidas por carnívoros han sido registradas por espécimen e individualizadas en los casos posibles para su recuento.

El estado de conservación de la superficie cortical se ha evaluado en los términos bueno, regular o malo teniendo en cuenta la superficie visible o conservada del hueso, esto nos permite excluir los restos mal conservados a la hora de obtener frecuencias reales sobre algunas modificaciones que se conservan en la superficie cortical.

Las frecuencias de modificaciones como el *trampling* o las marcas de dientes (*pits*, *scores* y *pitting*) se han calculado con respecto al NSP-2, que consiste en el número total de restos que conservan la superficie o cortical en condiciones buenas o regulares, excluyendo los mal conservados. Se ha utilizado para las frecuencias de mordeduras por elementos anatómicos, taxones o tallas de peso, También se han calculado respecto al el número total de restos mordidos (NSP mordidos). Otros tipos de modificaciones por carnívoros como la digestión se han presentado con respecto al NSP.

## 4. Resultados. Gran Dolina TD10.4

### 4.1 El Número de Especímenes y Número de Especímenes Identificados

El análisis de los restos del subnivel TD10.4 comprende un total de 644 restos faunísticos que corresponden a macromamíferos, mesovertebrados y algún resto de *Erinaceus* sp. y *Testudo* sp. que se ha sumado a la mesofauna. El NISP total estimado es 263 (índice de identificación del 40,84%).

La mayoría de los restos pertenece a ungulados (NISP=81,75%), dentro de estos destacamos como los más abundantes a dos taxones: Los restos de *Bison* sp. (NISP=29,28%) y los restos de Cervidae sp. indet. (*Cervus elaphus/Dama dama clactoniana*) (NISP=28,14%). Le siguen los restos de *Equus* sp. indet. (NISP=15,97%) y con un número menor *Stephanorhinus* cf. *hemitoechus* (NISP=3,04%) (Figura 4.1).

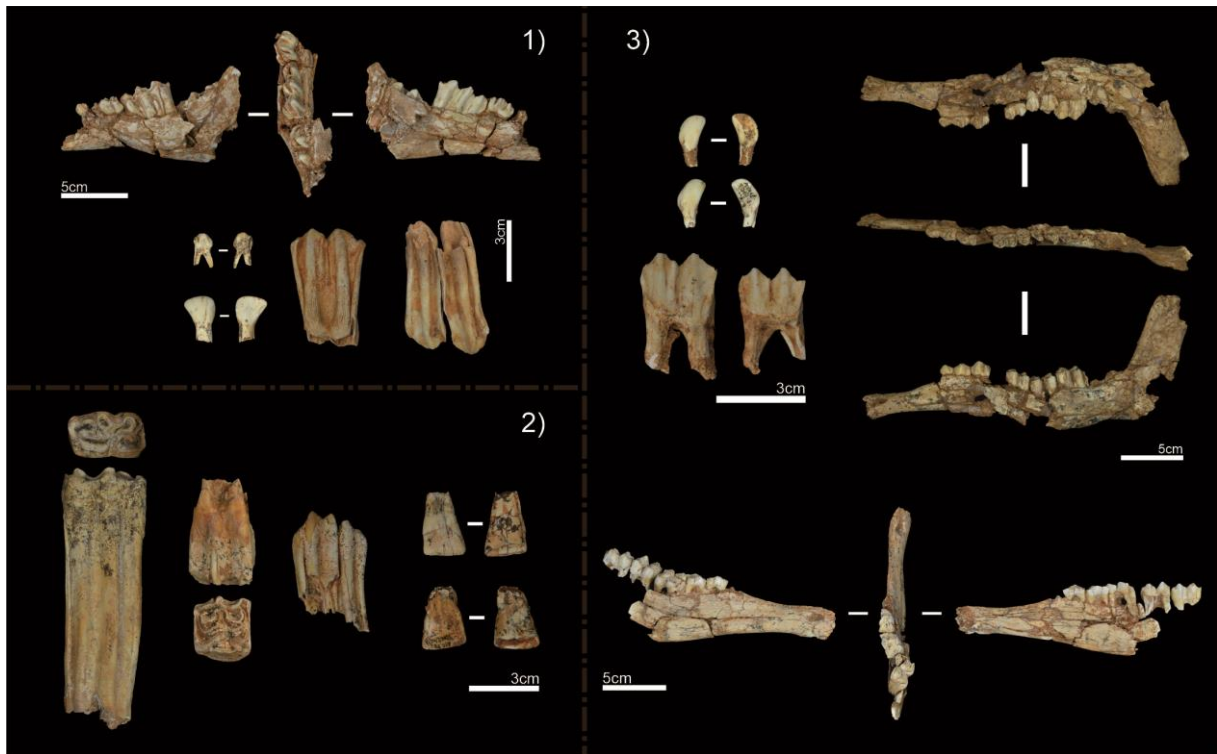


Figura 4.1. Ejemplo de restos de dentición y mandíbulas de ungulados: 1) Bison sp., 2) Cervus/Dama, 3) Equus sp.

El porcentaje restante del NISP pertenece en proporciones similares tanto a carnívoros (NISP=11,03%) como a mesovertebrados y microfauna (NISP=7,03%). Los carnívoros que destacan en el conjunto son los grandes félidos (NISP=3,42%) como *Panthera leo* y *Homotherium latidens*, y cánidos de gran tamaño (NISP=3,42%) como *Canis/Cuon* y *Canis mosbachensis/lupus* (Figura 4.2) (Figura 4.3). Otros carnívoros como *Vulpes vulpes* (NISP=0,76%), *Meles meles* y *Mustela cf. putorius* (NISP=0,38%) tienen una representación escasa. Los mesovertebrados están representados en gran mayoría por lepóridos (NISP=3,80%) y también aparecen algún que otro resto de Aves (NISP=1,14%) y restos de *Hystrix/Castor* (NISP=0,76%) (Tabla 4.1) (Figura 4.4).



Figura 4.2. Canino superior derecho de *Homotherium latidens*. A la derecha imagen a detalle del borde aserrado.

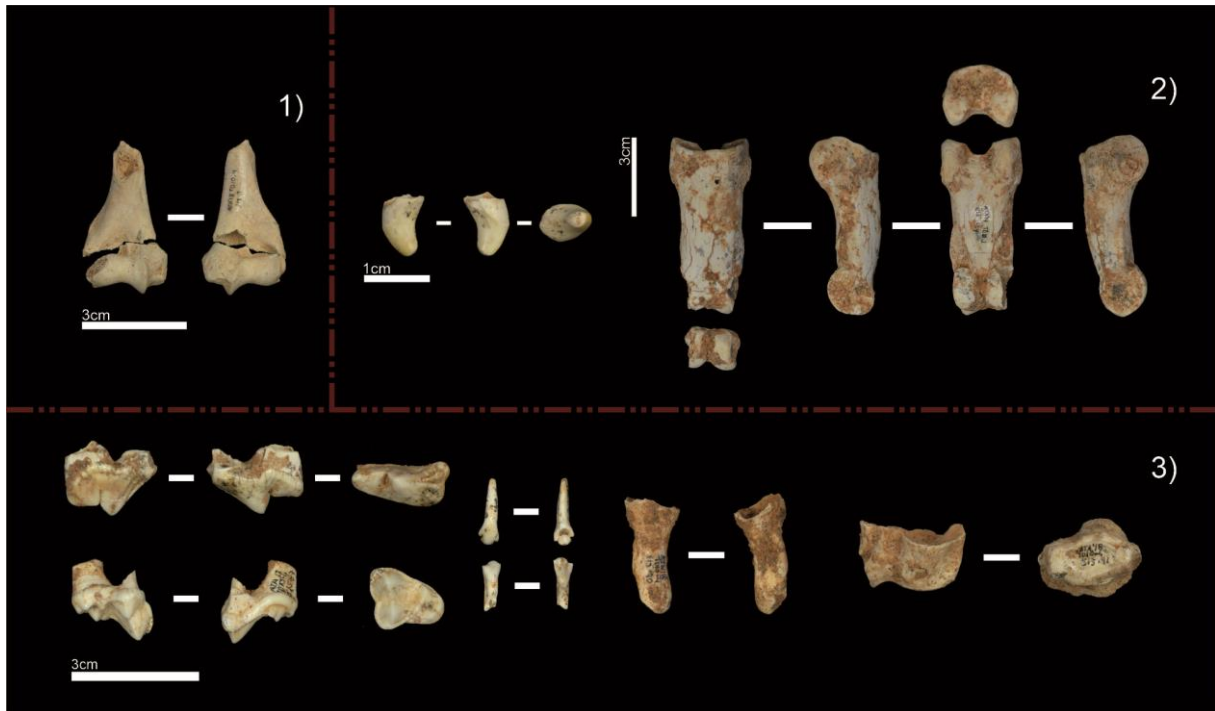


Figura 4.3. Ejemplo de restos de carnívoros de TD10.4: 1) Fragmento de húmero distal de *Meles meles* 2) Primera falange y canino decidua de *Ursus deningeri* 3) Molares, incisivos y epífisis sin fusionar (radio y ulna) de *Canidae*.



Figura 4.4. Ejemplos de otros taxones con menor representación (izq.sup: restos de aves, izq inf: mandíbula de *Erinaceus* sp., drch sup: tibia de *Testudo* sp. y drch inf: metacarpo de *Hystrix/Castor*).

TAXA	Cuenta de NISP	Frecuencia del NISP %
Ungulata	8	3,04%
Artiodactyla	6	2,28%
<i>Bison</i> sp.	77	29,28%
<i>Cervus/Dama</i>	74	28,14%
<i>Equus</i> sp.	42	15,97%
<i>Stephanorhinus cf. hemitoechus</i>	8	3,04%
Carnivora (Small)	2	0,76%
Felidae/Ursidae	1	0,38%
<i>Homotherium latidens</i>	2	0,76%
<i>Panthera leo</i>	7	2,66%
<i>Ursus deningeri</i>	4	1,52%
<i>Canis/Cuon</i>	8	3,04%
<i>Canis mosbachensis/Canis lupus</i>	1	0,38%
<i>Vulpes vulpes</i>	2	0,76%
<i>Meles meles</i>	1	0,38%
<i>Mustela cf. putorius</i>	1	0,38%
<i>Hystrix/Castor</i>	2	0,76%
Aves	3	1,14%

Leporidae	10	3,80%
Erinaceridae	3	1,14%
Testudinae	1	0,38%
NISP Total	263	100,00%
TMG	2	0,31%
TG	62	9,63%
TM	121	18,79%
TP	30	4,66%
TMP	4	0,62%
Indet.	162	25,16%
Total (NSP)	644	100,00%

Tabla 4.1. NISP y su frecuencia por taxones identificados y tallas de peso del registro fósil de TD10.4.

Hemos calculado el índice de homogeneidad de Shannon (E) y hemos obtenido un valor de  $(E) = 0.6554$  que nos indica que el conjunto tiene una uniformidad considerable a nivel taxonómico y por tanto tiene una diversidad significativa. Por otro lado, el resultado obtenido al calcular el índice de dominancia de Simpson (D) es de  $(D) = 0.7427$ , este valor es alto y nos muestra que existe una o varias especies que destacan en el conjunto sobre las demás.

Los restos no identificados taxonómicamente, corresponden a un poco más de la mitad del material (NSP=381). Una gran parte de estos han podido ser atribuidos a un grupo de categorías de talla de peso teniendo en cuenta algunos caracteres que presentan los huesos como son el tamaño y el grosor de las paredes corticales que nos ayudan a determinar el tamaño que pudo tener el individuo. De los restos indeterminables, la talla media es la más abundante (31,76%), seguidos de la talla grande (16,27%) y la talla pequeña (7,87%). La talla muy pequeña y la talla muy grande tienen una representación ínfima. Al agrupar el NISP y el NSP por grupos de tallas de peso, las tallas media y grande tienen un aumento similar en ambas y siguen siendo las más abundantes. La talla muy pequeña presenta un ligero aumento a remarcar.

En relación con el NISP de ungulados y desde el punto de vista anatómico, los restos más numerosos conjuntamente en todas las tallas son los dientes aislados (43,72%), los metápodos (15,35%) y los huesos articulares (12,09%). Los elementos menos representados son los axiales como las vértebras (1,40%) y las costillas (1,40%) (Tabla 4.2). Dividiendo los restos totales por categorías de talla de peso y según su distribución anatómica, destacan los restos

de dientes aislados (NSP=111-17,24%) y fragmentos de huesos largos indeterminados (NSP=109-16,93%). Además, los fragmentos de huesos planos (NSP=9,01%), costillas (NSP=6,06%) y metápodos (NSP=5,90%) tienen una representación considerable, mientras que el resto presenta porcentajes por debajo del 4% (Tabla 4.3).

NISP Ungulados	215	81,75%
Dientes aislados	94	43,72%
Metápodos (vestigial incluido)	33	15,35%
Huesos articulares	26	12,09%
Falanges	13	6,05%
Costillas	3	1,40%
Vértebras	3	1,40%

Tabla 4.2. NISP y frecuencias de los ungulados del conjunto TD10.4 representados por elementos anatómicos.

Elementos	Indeterminados	Grande	Mediano	Pequeño	Muy Grande	Muy pequeño	Total general	%
Hueso	157	112	190	39	10	25	533	82,76%
Indeterminado	141	1					142	22,05%
Largo	5	30	60	9	1	4	109	16,93%
Plano	10	14	28	5		1	58	9,01%
Costilla		9	19	9	2		39	6,06%
Metápodo		13	18	3	2	2	38	5,90%
Vertebra		9	11	5			25	3,88%
Falange		13	4		2		19	2,95%
Carpal		5	13		1		19	2,95%
Mandíbula		3	4	1		4	12	1,86%
Radio		4	6	1			11	1,71%
Cuerno/Asta			9				9	1,40%
Tibia		1	3			5	9	1,40%

Cráneo		3	5			8	1,24%	
Ulna			3	1	2	6	0,93%	
Húmero	1		1	2	2	6	0,93%	
Coxal				1	3	4	0,62%	
Fémur		1	3			4	0,62%	
Tarsal		1	2			3	0,47%	
Calcáneo		1			1	3	0,47%	
Escápula		1		1		2	0,31%	
Astrágalo		1	1			2	0,31%	
Radio/Ulna		1	1			2	0,31%	
Patela					1	1	0,16%	
Fíbula		1				1	0,16%	
Coracoides					1	1	0,16%	
Dientes	16	58	27	7	3	111	17,24%	
Molar/Premolar	5	22	7		1	35	5,43%	
Molar		18	9	1		28	4,35%	
Incisivo	1	12	7	4	1	25	3,88%	
Premolar		3	4	2	1	10	1,55%	
Indeterminado	10					10	1,55%	
Canino		3				3	0,47%	
Total general	173	170	217	46	10	28	644	100,00%

Tabla 4.3 NISP por elementos anatómicos y tallas de peso del conjunto de TD10.4.

## 4.2 El Número Mínimo de Elementos

El conjunto del subnivel TD10.4 cuenta con un NME de 152, de los cuales el 73,03% pertenece a ungulados (NME=111). El 43,24% del NME de los ungulados corresponde a Cervidae sp. indet., seguido de *Bison* sp. (29,73%) y *Equus* sp. (19,82%). En mayor o menor medida aparecen en el conjunto todos los elementos esqueléticos, aunque destacan los elementos apendiculares y craneales. Los elementos más abundantes son los huesos articulares (NME=28), los metápodos (NME=23), las mandíbulas (NME=23) y los cráneos (NME=15), estos últimos representados a través de los dientes aislados superiores e inferiores. Los elementos que más escasean son las vértebras (NME=3), las costillas (NME=3) y las cinturas (NME=3 coxales y NME=1 escápulas) (Tabla 4.4).

Elementos	NME
Articulares	28
Metápodos	23
Mandíbula	23
Falanges	19
Maxilar/Cráneo	15
Radio	11
Tibia	8
Ulna	7
Fémur	4
Humero	4
Vertebras	3
Costillas	3
Coxal	3
Fíbula	1
Escápulas	1
Coracoides	1

Tabla 4.4. NME del conjunto TD10.4.

El cálculo de elementos por taxón presenta datos equivalentes a los obtenidos en el NISP. Los cérvidos, los bisontes y los caballos tienen el mayor número de porciones anatómicas representadas. Sin embargo, su número decrece a la mitad que el NISP. Estos resultados se deben a la abundancia de dientes aislados que se han agrupado para formar maxilares y mandíbulas como elementos representados y a la fragmentación general del conjunto.

Otros taxones como el rinoceronte, los grandes félidos y los cánidos no varían en el NME con respecto al NISP debido a que tienen representación en el conjunto por huesos articulares y falanges en su mayoría que tienen menor fragmentación por su estructura más compacta.

### 4.3 El Número Mínimo de Individuos

Se ha calculado un mínimo de 34 individuos. Los cérvidos y los bisontes son los taxones con un mayor número de individuos, 5 para cada uno de ellos (NMI=14,71%). El tercer grupo en cuanto al NMI son los équidos con un total de 4 individuos (NMI=11,76%) y conforma junto a los anteriores casi la mitad de los de la acumulación (NMI=41,18%). El resto de los taxones presenta entre 1 y 2 individuos (NMI=2,94%; NMI=5,88%). El NMI de los carnívoros es de 11 individuos (NMI=32,35%). El Índice de Carnivorismo nos proporciona un resultado del 42,31%, esto nos indica una alta presencia y probable incidencia de los carnívoros en la acumulación ya que supera el 20% (Tabla 4.5).

TAXA	Juveniles	Adultos	Seniles	Total
<i>Bison</i> sp.	4	1	-	5
<i>Cervus/Dama</i>	3	2	-	5
<i>Equus</i> sp.	2	2	-	4
<i>Stephanorhinus</i> cf. <i>hemitoechus</i>	-	1	-	1
<i>Homotherium latidens</i>	-	1	-	1
<i>Panthera leo</i>	1	1	-	2
<i>Ursus deningeri</i>	1	1	-	2
<i>Canis/Cuon</i>	1	1	-	2
<i>Canis</i> <i>mosbachensis/Canis</i> <i>lupus</i>	-	1	-	1

<i>Vulpes vulpes</i>	-	1	-	1
<i>Meles meles</i>	-	1	-	1
<i>Mustela cf. putorius</i>	1	-	-	1
<i>Hystrix/Castor</i>	1	-	-	1
Aves	-	2	-	2
Leporidae	1	1	-	2
Erinaceridae	1	1	-	2
Testudinae	-	1	-	1
Total general	16	18	-	34
% Total general	47,06%	52,94%	-	100%

Tabla 4.5. NMI por edades de los taxones recuperados en TD10.4.

#### 4.4 Patrón de mortalidad

El patrón de mortalidad indica un equilibrio de los individuos juveniles (N=16) (47,06%) e individuos adultos (N=18) (52,94%) en el conjunto y la ausencia de individuos seniles. En los ungulados, el patrón de mortalidad presenta una leve desigualdad a favor de los individuos juveniles que son 9 frente a 6 adultos. Los bisontes se alejan de este patrón ya que predomina el número de individuos juveniles con un total de 4 individuos (uno de ellos perinatal) y un individuo adulto caracterizado a través de la dentición como *early prime adult* (Bunn y Pickering, 2010). Uno de los cinco cérvidos es el único individuo de todos los ungulados que se ha indicado como *Late prime adult*. Existe únicamente un individuo que es adulto del taxón *Stephanorhinus cf. hemitoechus*. En los carnívoros, todos los taxones presentan un individuo adulto (N=7), salvo *Mustela cf. putorius* que solo existe un ejemplar juvenil. Los taxones *Panthera leo*, *Ursus deningeri* y *Canis/Cuon* también poseen un individuo juvenil cada uno. La representación gráfica del patrón de mortalidad nos muestra una elipse que se encuentra

intermedia entre el perfil atricional y el catastrófico, aunque ocupa mayor parte de la zona del perfil atricional, característico de depredadores corredores que basan su caza en individuos juveniles y seniles (Figura 4.5).

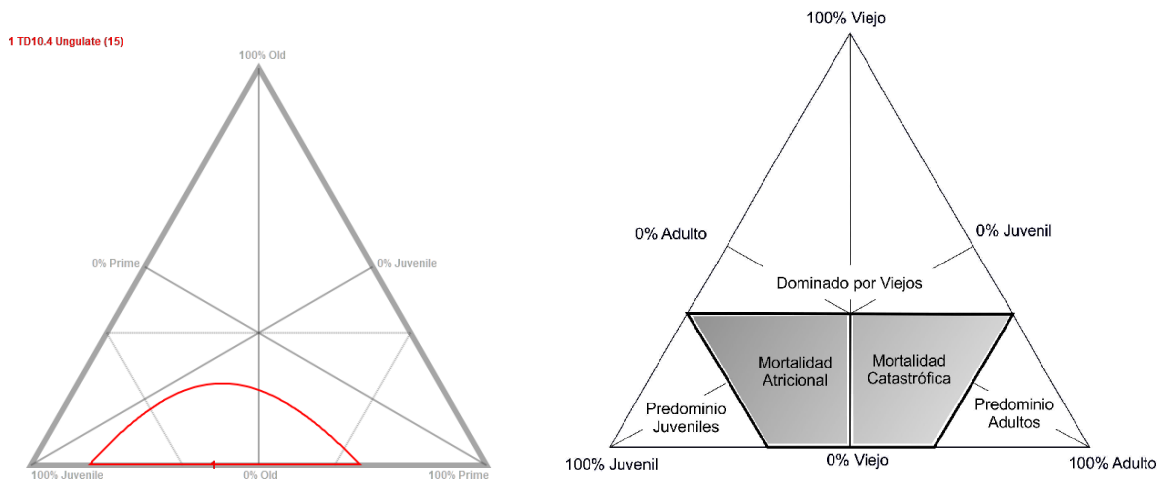
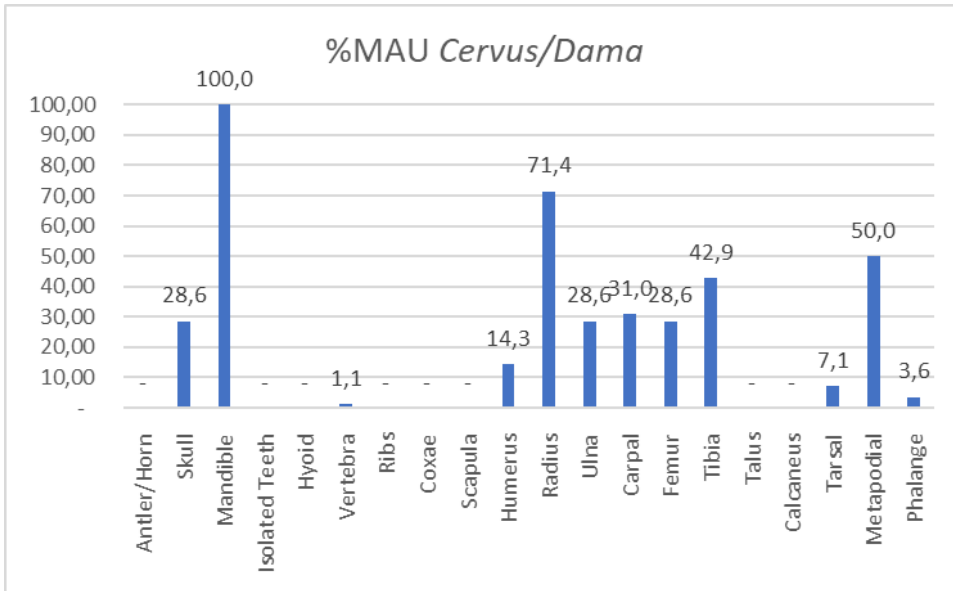
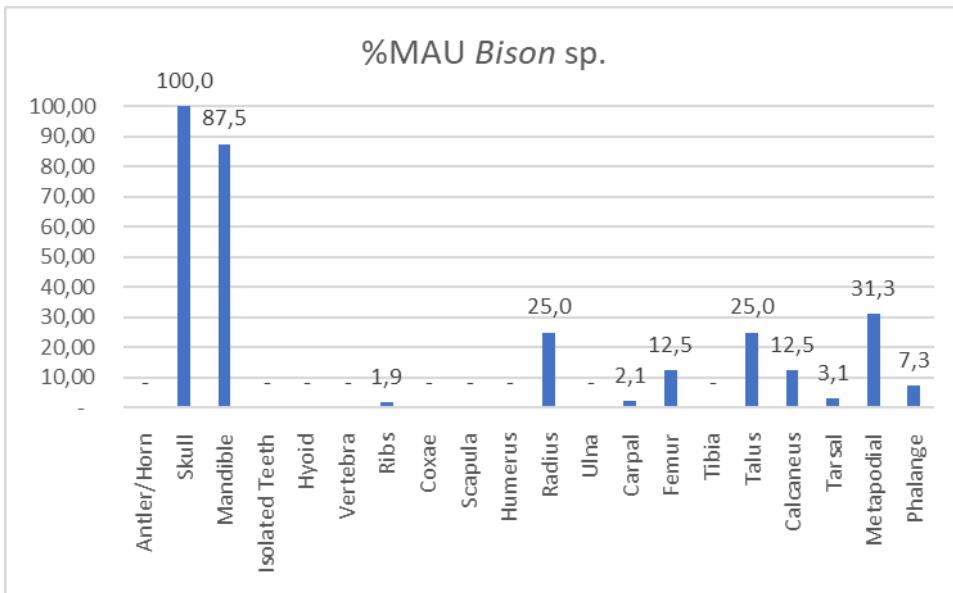


Figura 4.5. Gráficos triangulares para patrones de mortalidad. Izq: Gráfica realizada con los datos obtenidos de los ungulados de TD10.4. Drch: Modelo de gráfica con los tipos de mortalidad planteados por Stiner (1990).

## 4.5 El Número Mínimo de Unidades Animales

La composición anatómica relativa (MAU) se ha representado en las siguientes tablas con los taxones más abundantes (*Cervus/Dama*, *Equus* sp. y *Bison* sp). En los perfiles anatómicos de los tres ungulados observamos una predominancia del esqueleto apendicular y del craneal, mientras que el esqueleto axial postcraneal es testimonial y en algunos casos, ausente. En los cérvidos destacan los cráneos y las extremidades. Los huesos de las extremidades intermedias (radio/ulna y tibia) son las más abundantes seguido de las inferiores (metapodios) y por último las superiores (húmero y fémur). Los bisontes presentan una representación elevada del cráneo (cráneo y mandíbula) con más del 85% del MAU. En el esqueleto apendicular predominan los huesos de extremidades posteriores como pueden ser el fémur, el calcáneo y el astrágalo. Sin embargo, el hueso de las extremidades con el %MAU más alto es el radio que corresponde a las extremidades anteriores con un 25% del MAU. Los équidos muestran también un alto porcentaje en el cráneo y el esqueleto apendicular. El radio vuelve a ser el hueso de la extremidad mejor representado (MAU=37,5%) y la extremidad completa posterior está representada salvo los huesos articulares (Figura 4.6).



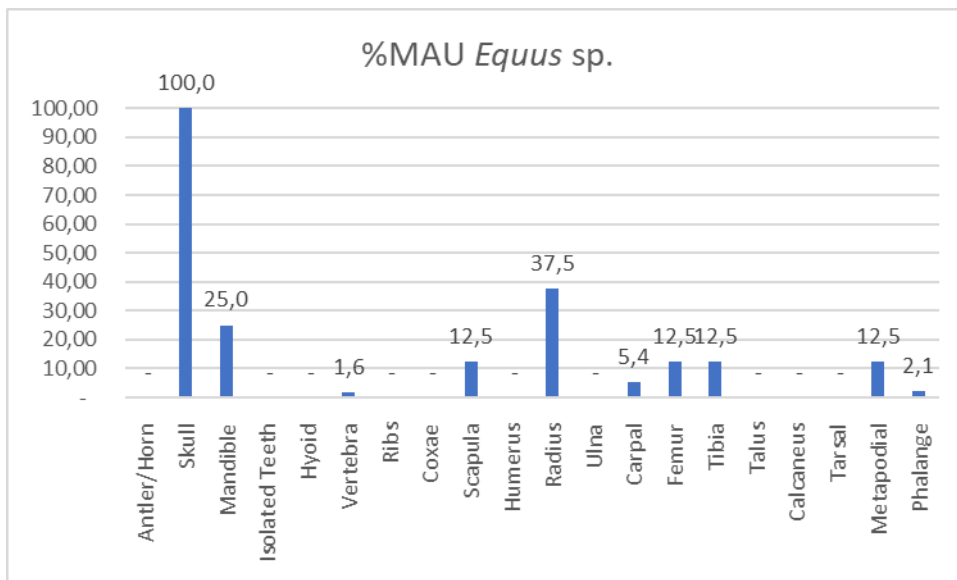


Figura 4.6. %MAU de los taxones mejores representados de TD10.4.

El resto de los taxones tienen una representación escasa y los patrones no son significativos. En la mayoría de ellos destacan los elementos craneales salvo en *Panthera leo* y *Stephanorhinus cf. hemitoechus* que están representados exclusivamente los elementos articulares y falanges (Figura 4.7) (Figura 4.8) Casi la totalidad de los elementos de todos los taxones son elementos de alta supervivencia, como son los huesos largos, las mandíbulas y cráneos por la presencia de dientes (Marean y Cleghorn, 2003).

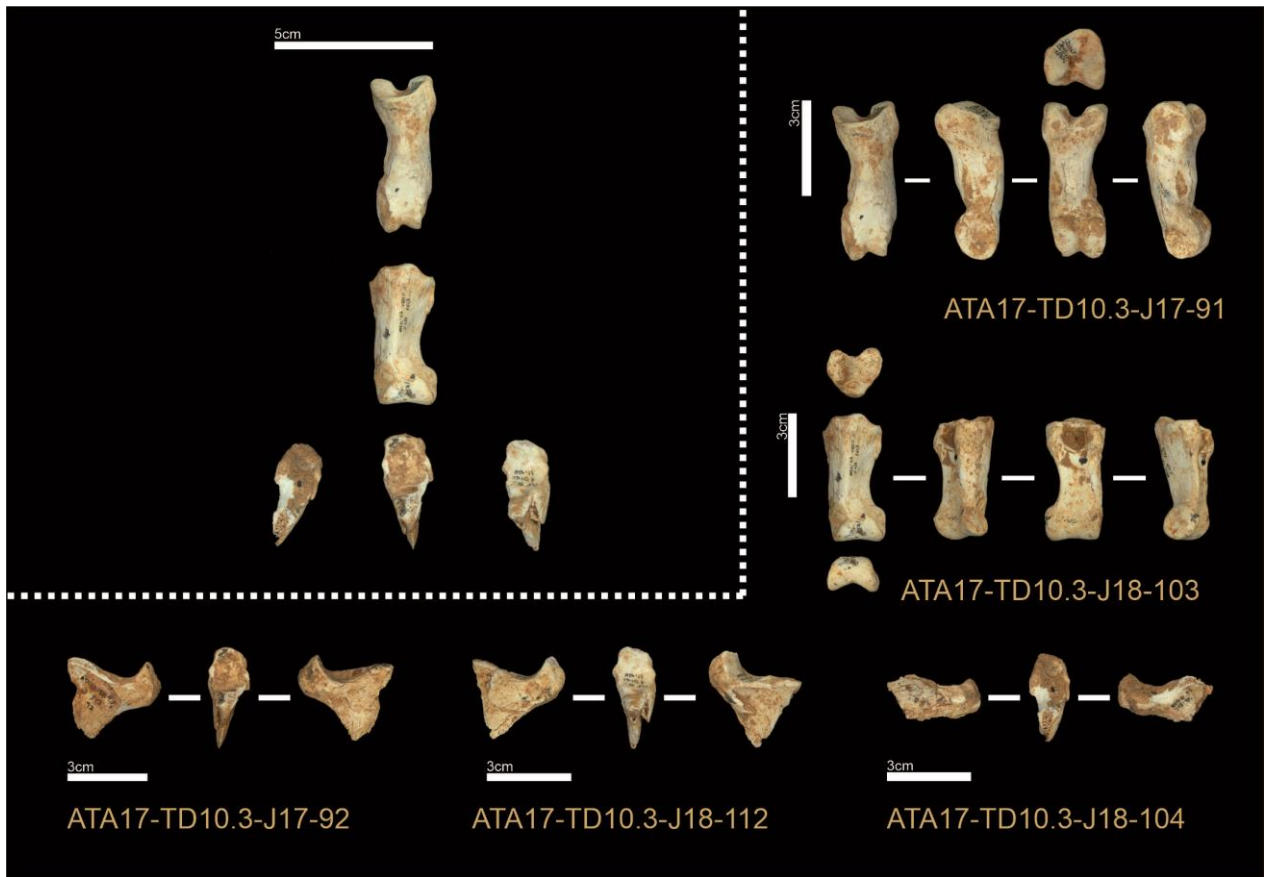


Figura 4.7. Primera, segunda y terceras falanges de *Panthera leo*. Representación en conexión.

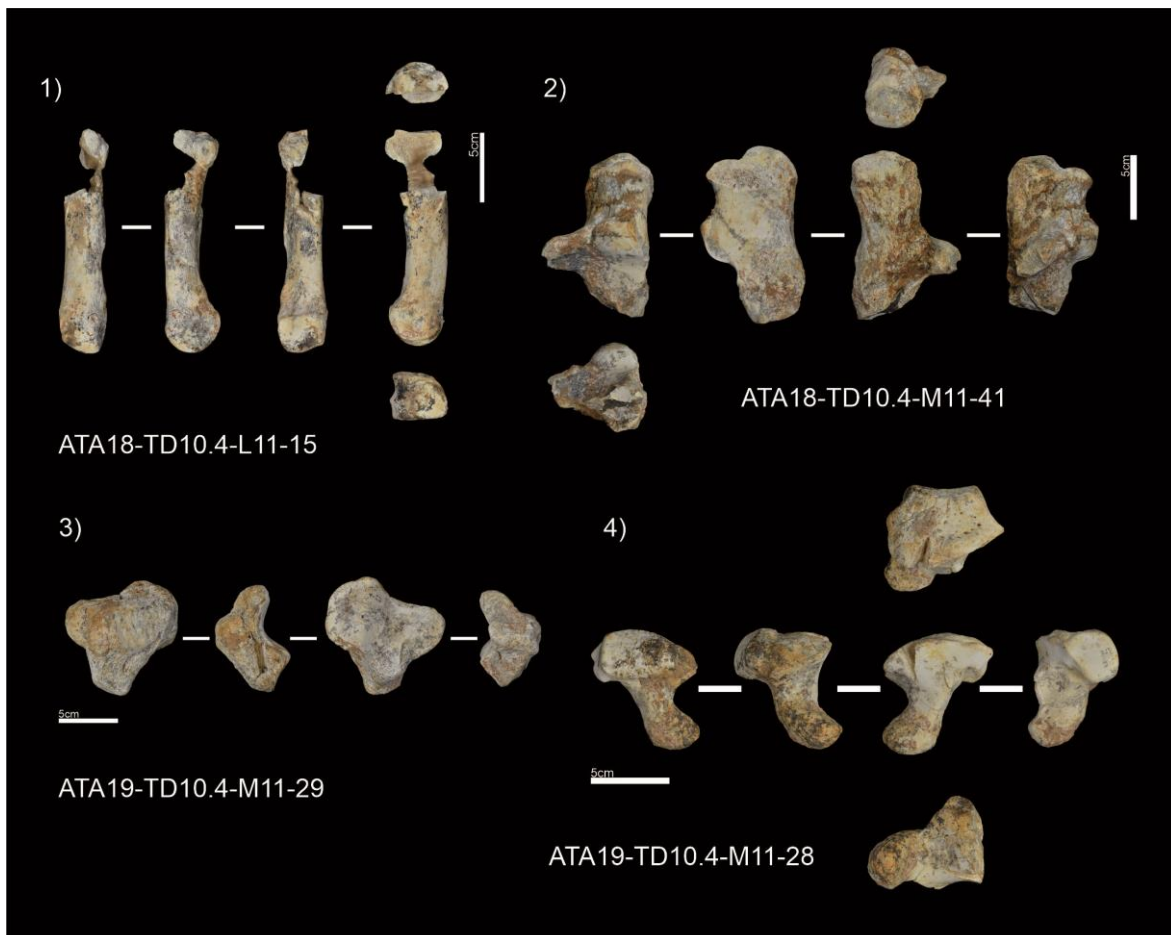


Figura 4.8. Restos de *Stephanorhinus cf. hemitoechus*: 1) Segundo metatarso 2) Calcáneo 3) Patela 4) Hueso ganchoso.

## 4.6 Conservación diferencial

Los perfiles anatómicos que hemos analizado se encuentran sesgados. Los más destacados son los realizados para la talla grande y la talla media que corresponden a la mayoría del conjunto. Hemos calculado los coeficientes de correlación de Spearman ( $\rho$ ) y Pearson ( $R$ ) entre la abundancia de landmarks en el conjunto (NME landmarks) y la densidad mineral correspondiente para ver si existe una destrucción diferencial de los elementos o partes de los elementos que presentan una densidad mineral menor (Lam y Pearson, 1999).

Los resultados de la talla media entre la representación anatómica en %MAU y la densidad mineral de los distintos elementos nos indican que la correlación no es estadísticamente significativa ( $p: 0,12392$ ). Los resultados de la talla grande muestran una correlación positiva pero baja, además de ser estadísticamente significativa ( $p: 0,0048045$ ) (Figura 4.9) (Figura 4.10).

Una correlación significativa entre la densidad mineral y la supervivencia del conjunto puede ser causa de distintos motivos como son las decisiones antrópicas, la actividad de los

carnívoros y los procesos postdeposicionales. La correlación estadística en nuestro conjunto solo se da en la talla grande y es muy baja, por lo tanto, los procesos diagenéticos no son la causa principal de la desaparición de los elementos o partes de elementos del conjunto.

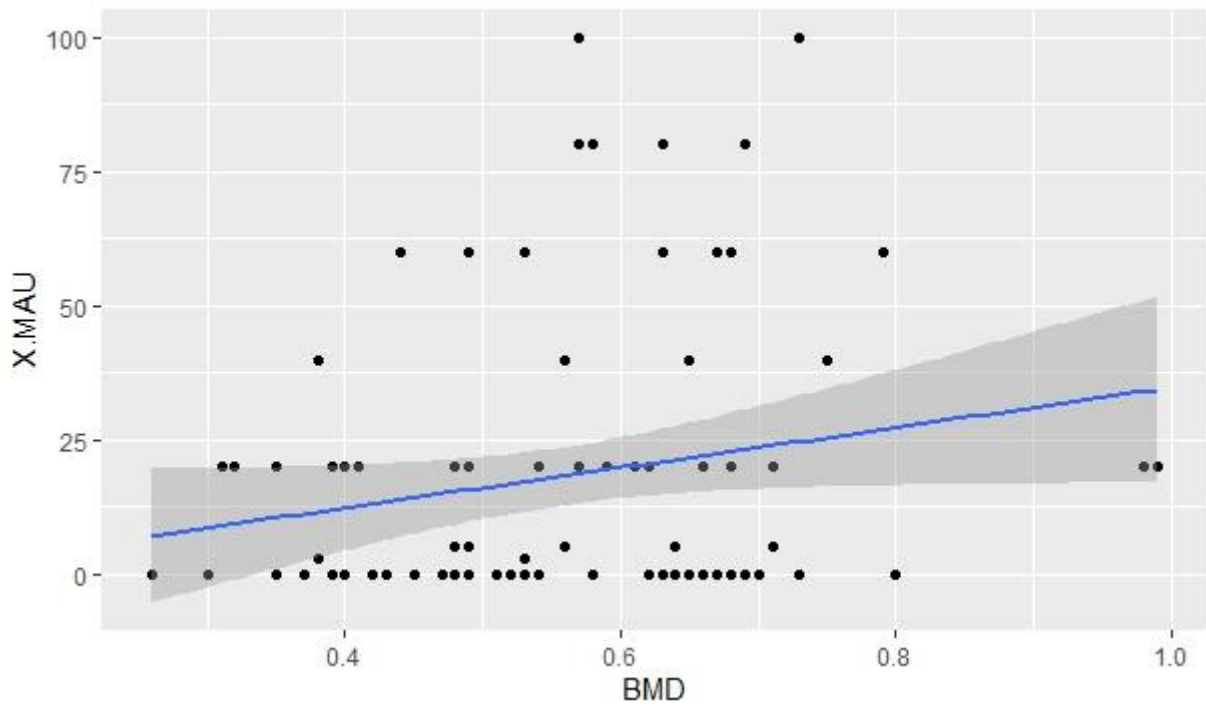


Figura 4.9. Correlación entre %MAU y la densidad mineral (BMD) en la talla media (Cervus/Dama).

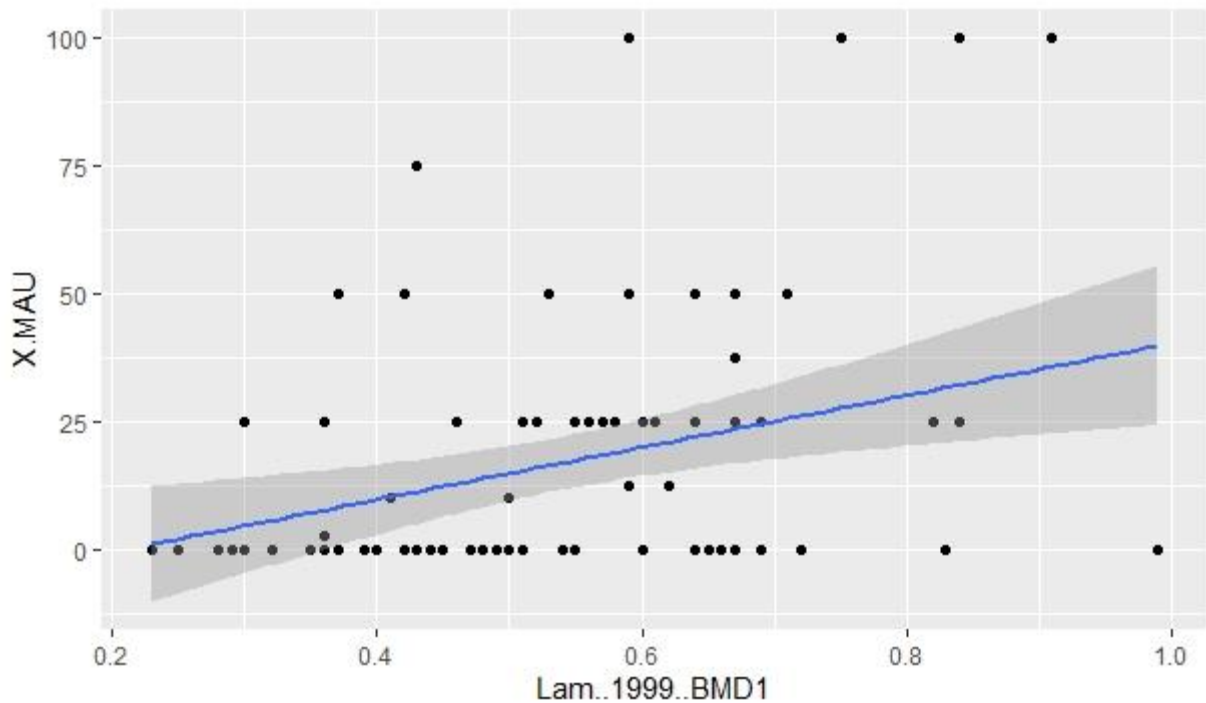


Figura 4.10. Correlación entre %MAU y la densidad mineral (BMD) en la talla grande (Bison sp. y Equus sp.).

## 4.7 Fragmentación

En el conjunto analizado, la mayoría de los restos están fragmentados, tan sólo el 5,90% son huesos completos. El 81,57% de los huesos completos son huesos articulares y falanges.

El 68,3% de los huesos miden entre 20 y 50 mm, este dato se puede relacionar con una alta fragmentación del conjunto, ya que la mayoría de los taxones son de talla media y grande y sus elementos son de mayor tamaño (Figura 4.11).

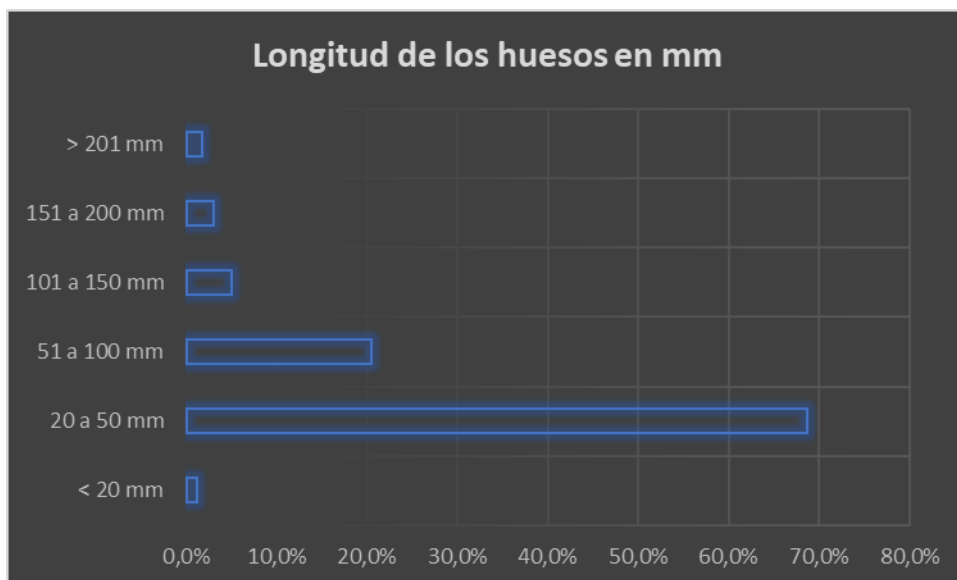


Figura 4.11. Medidas de los restos del conjunto de TD10.4 expresados en porcentajes.

Se ha realizado el análisis de la fragmentación de la longitud y sección de la diáfisis de 99 restos de huesos largos. Solamente hay dos huesos largos completos, concretamente dos metápodos. El 79% de los restos son fragmentos de diáfisis que presentan una longitud menor a una cuarta parte y menos de 1/3 de la circunferencia. Solamente el 10% de los restos tiene más de 2/3 de la circunferencia del hueso. No hay ningún cilindro diafisario (Figura 4.12).

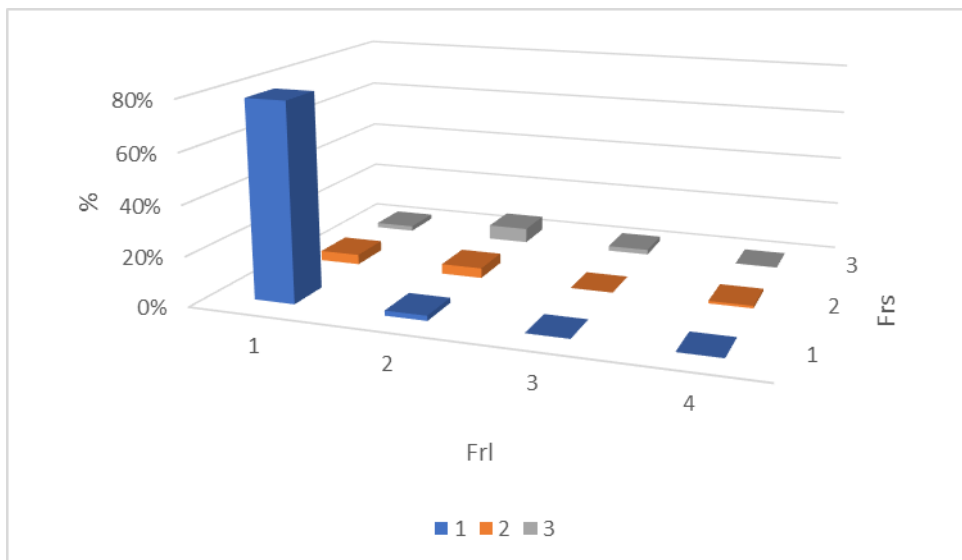


Figura 4.12. Representación en frecuencias de la longitud y la sección de los huesos largos de TD10.4.

Para la determinación del tipo de fragmentación (seco o fresco), se ha analizado la delineación, ángulo y superficie de 126 paños de fractura. Predominan las fracturas longitudinales, rectas y suaves con 27% y las fracturas curvas, oblicuas y suaves con un 21,4%. Estas últimas son características de la fragmentación en fresco. También encontramos porcentajes significativos en fracturas curvas, rectas y suaves (16,7%), fracturas longitudinales, oblicuas y suaves (7,9%) y fracturas curvas, mixtas y suaves (4,8%). El resto de los tipos de fracturas están por debajo del 4% (Figura 4.13).

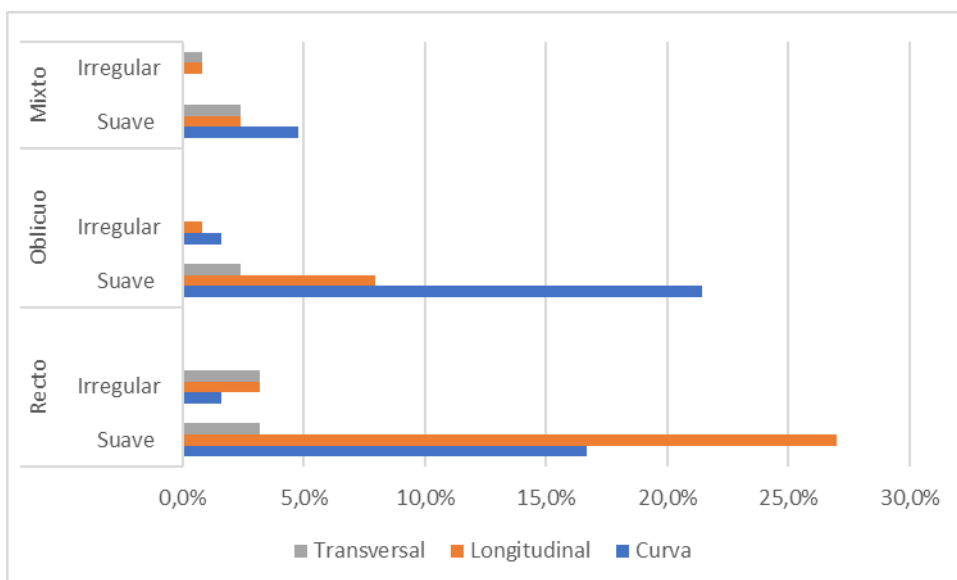


Figura 4.13. Representación de los tipos de paños de fracturas de las diáfisis de los huesos largos en porcentajes del conjunto.

## 4.8 Modificaciones en la superficie de los huesos

El material analizado presenta una superficie muy alterada en la mayoría de los casos por modificaciones postdeposicionales que han podido perjudicar en el estado de conservación de los huesos y en la superposición de otras modificaciones. La conservación de la cortical es buena en el 52,33% de los huesos, regular en el 26,73% y mala en el 20,93%. Los huesos del subnivel TD10.4 carecen de modificaciones antrópicas, pero si encontramos numerosas marcas generadas por carnívoros.

### 4.8.1 Modificaciones subaéreas y fosildiagenéticas.

Se han identificado en este conjunto una gran variedad de modificaciones subaéreas y especialmente, fosildiagenéticas. Encontramos en la muestra ejemplos de acción de raíces, *trampling*, redondeamiento, pulido, *weathering*, fisuras por presión y por humedad, corrosión química, disolución, precipitaciones de óxido de manganeso, cementaciones, deformaciones y mordeduras de roedores. Las frecuencias de las modificaciones se han realizado con respecto a todos los restos independientemente de su grado de conservación, salvo en el caso del *trampling* que sólo se han tenido en cuenta los huesos con una conservación de la superficie buena o regular. Estas modificaciones aparecen en distintos grados, además de distribución y cantidad variables sobre todo el conjunto (Figura 4.14).

Estas modificaciones son bastante abundantes y significativas en el conjunto como podemos observar en los porcentajes de las más destacadas. La precipitación de manganeso sobre la superficie ósea se observa en el 92,86% del total de especímenes, es decir, casi en su totalidad. Las cementaciones es la segunda modificación con más frecuencia con un 48,91%, supone casi la mitad del conjunto. En tercer lugar, las fisuras ya sean por presión como por humedad aparecen en torno a un 20% del total (18,17% y 21,27%, respectivamente). La corrosión química y la disolución presenta unos porcentajes significativos (10,71% y 15,84%, respectivamente), lo cual afecta a la conservación de los huesos y su superficie. Por tanto, vemos como los restos han sido afectados por procesos postdeposicionales que se asocian a medios kársticos como también puede ser las deformaciones (5,43%). Otras modificaciones como el redondeamiento, pulido, *trampling*, *weathering*, entre otros, no superan el 10% (Tabla 4.6).

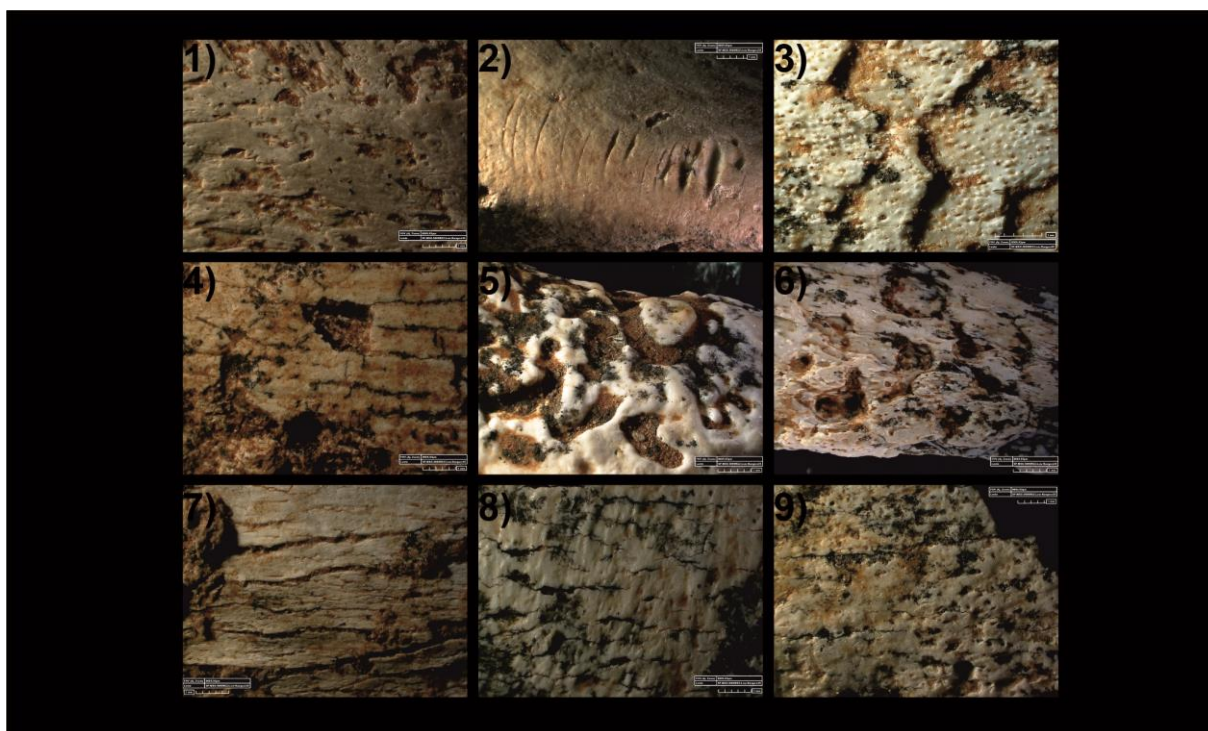


Figura 4.14. Distintas modificaciones producidas durante la fase subaérea y diagenética: 1) Pulido 2) Marcas de roído 3) Descamado producido por Weathering 4), 5) y 6) Disolución y corrosión química 7) y 8) Fisuras 9) Corrosión química y fisuras.

Modificaciones	Total	%
Raíces	51	7,92%
<i>Trampling*</i>	12	2,84%
Redondeo	27	4,19%
Pulido	6	0,93%
<i>Weathering</i>	19	2,95%
Fisuras por presión	117	18,17%
Fisuras por humedad	137	21,27%
Corrosión	69	10,71%
Disolución	102	15,84%
MN	598	92,86%
Cementaciones	315	48,91%
Roido	6	0,93%
Deformaciones	35	5,43%

Tabla 4.6. Porcentajes de las modificaciones fosildiagenéticas con respecto al total de los restos. \*La frecuencia del *trampling* está calculada con respecto al NSP-2.

## 4.8.2 La actividad de carnívoros.

En el subnivel TD10.4 se ha encontrado evidencias de la actividad de carnívoros en 52 restos (NSP=8,23%). Algunas de las frecuencias de las marcas de dientes (*pits*, *scores* y *pitting*) se han realizado con respecto a los restos que presentan una buena y regular conservación de la cortical excluyendo los restos mal conservados. Los tipos de modificaciones documentadas son los *pits* o *scores* (66,04%), digestión (30,19%), *pitting* (13,21%), fracturas por carnívoros (13,21%), *licking* (7,55%) y *crenulated edges* (3,77%) (% con respecto al NSP modificado por carnívoros).

Tipos de modificaciones	NSP	% Modificados por NSP
<i>Pits</i>	26	49,06%
<i>Scores</i>	18	33,96%
<i>Pits or scores</i>	35	66,04%
<i>Crenulated edges</i>	2	3,77%
<i>Licking</i>	4	7,55%
<i>Pitting</i>	7	13,21%
Digestión	16	30,19%
Fractura por carnívoros	7	13,21%

Tabla 4.7. Número de restos que presentan modificaciones por carnívoros junto a la frecuencia con respecto al total de los restos del conjunto de TD10.4

Respecto a los restos con un estado bueno o regular de la superficie, presentan mordeduras (*pits*, *scores* o *pitting*) 37 restos (NSP-2=8,75%) (Figura 4.15). El porcentaje de mordeduras por tallas de pesos con respecto al NSP-2 es un 13,98% en la talla grande, 9,25% en la media y un 9,25% en la pequeña y un 10,81% de los restos indeterminables. Por taxones, el 24% de los restos de bisontes presentan mordeduras, el 11,1% de los cérvidos y el 5% de los caballos (Figura 4.16).

Las mordeduras de carnívoros se han registrado sobre restos de cérvidos (17,95%), animales indeterminados de talla media (25,64%), bisontes (15,38%), caballos (2,56%) animales indeterminados de talla grande (15,38%), animales indeterminados de talla pequeña (10,26%) y restos indeterminados (12,82%) (% respecto al NSP Mordidos). Agrupando los restos por tallas de peso, observamos que las tallas medias y grandes son las que presentan más mordeduras (NSP Mordidos=17-43,59% y NSP Mordidos=13-33,33% respectivamente).



Figura 4.15. Ejemplos de restos de cérvidos y bisontes con evidencias de scores, pits, licking y pitting.

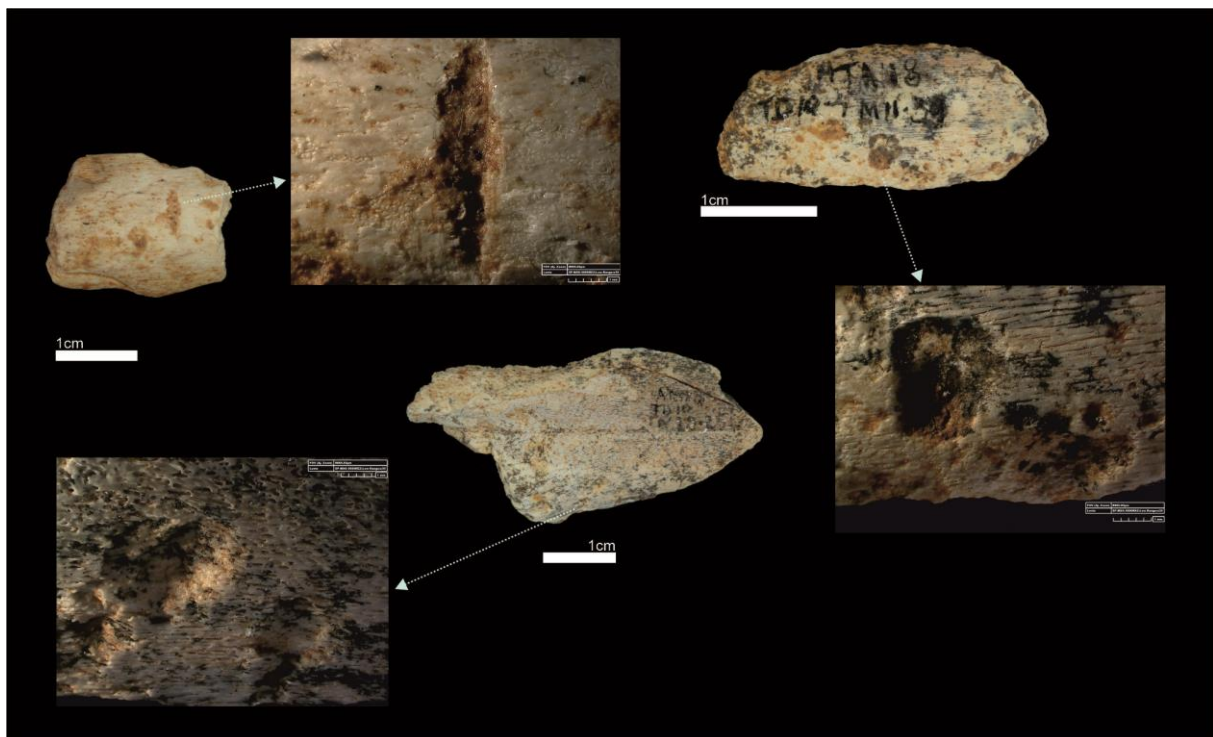


Figura 4.16 Fragmentos de huesos largos de ungulados con marcas de dientes de carnívoro (pits y scores).

Por elementos anatómicos y respecto al NSP-2, presentan mordeduras el 30,77% de los metacarpos, el 28,57% de los metápodos indeterminados, el 22,22% de las tibias, el 11,83% de los huesos largos indeterminados y el 10% de los metatarsos (Tabla 4.8) (Figura 4.17). Las mordeduras en los huesos largos se distribuyen de la siguiente forma: el 68,18% están en los fragmentos de diáfisis, el 27,27% en fragmentos de metafisis y en epífisis un 4,55%.

Elementos	NSP Mordeduras	NSP-2	% Mordidos por NSP-2
Tibia	2	9	22,22%
Metatarso	1	10	10,00%
Metápodo indet.	2	7	28,57%
Metacarpo	4	13	30,77%
Largo	11	93	11,83%
Total general	20	132	15,15%

Tabla 4.8. Número de elementos anatómicos con mordeduras y elementos con buena conservación de la cortical (NSP-2) junto con la frecuencia relativa.



Figura 4.17 Modelos 3D de pits y scores sobre fragmentos de huesos largos de ungulados.

Si lo calculamos respecto al NSP Mordidos, se encuentran principalmente en huesos largos indeterminados (NSP=11, 28,21%), metápodos (NSP=8, 20,51%), huesos planos indeterminados (NSP=7, 17,95%) y huesos indeterminados (NSP=4, 10,26%). Por tanto, el 56,42% de las mordeduras se encuentran en elementos no determinados.

El resto de las mordeduras se encuentran repartidas de manera escasa en elementos como vertebras, costillas y falanges entre otros. Como por ejemplo un caso excepcional de un *pit* de gran tamaño encontrado en una primera falange de *Bison* sp. que presenta exostosis en su superficie (Figura 4.18). De aquellas que se encuentran en huesos largos, el 65,22% están en los fragmentos de diáfisis, el 30,43% en fragmentos de metáfisis y en epífisis un 4,35%.

Para hacer una aproximación al carnívoro o los carnívoros que han sido responsables de estas modificaciones presentadas en el subnivel TD10.4, se han tomado medidas como son el ancho y largo de 25 *pits* y el ancho de 18 *scores*, además de indicarse en qué tipo de tejido se encontraba cada marca.

Estos datos han sido comparados con los resultados de otros trabajos en relación con la media de las dimensiones y su intervalo de confianza al 95% (Domínguez-Rodrigo y Piqueras, 2003, Delaney-Rivera, et al., 2009, Andrés, et al., 2012, Sala, 2012, Saladié, et al., 2013, Yravedra, et al., 2014) (Figura 4.19).

Los resultados nos indican que las modificaciones analizadas en este trabajo coinciden con las realizadas por carnívoros medianos e incluso de gran tamaño. Uno de los valores más representativo en estas aproximaciones es la media de las dimensiones de los *pits* en tejido cortical, en este caso, corresponde a una media de 2,92 mm y 2,09 mm. En ambos tejidos, la longitud máxima supera los 5 mm, pero ninguna más de 10 mm (Tabla 4.9).

En el conjunto se han registrado 16 huesos digeridos, se han determinado restos de talla media (56,3%) (entre los cuales dos restos son de cérvido), restos de talla pequeña (25%) y restos indeterminables (18,8%). Se han identificado desde restos con un bajo nivel de digestión hasta un nivel extremo (Figura 4.20). La longitud media de los restos digeridos es de 27,88 mm.

<i>Pits</i>	N	Mean	SD	CI-95%	CI+95%	Min	Max
Largo hueso cortical	23	2,92565 2	1,20534	2,43305275	3,41825125	1,31	5,79
Ancho hueso cortical	23	2,09434 8	0,9646706	1,7001057	2,4885903	0,41	4,76
Largo hueso esponjoso	12	2,89333 3	2,081967	1,71537092	4,07129508	1,35	8,53
Ancho hueso esponjoso	11	2,10545 5	1,696127	1,10312641	3,10778359	0,89	6,99
<i>Scores</i>	N	Mean	SD	CI-95%	CI+95%	Min	Max
Ancho hueso cortical	15	0,906	0,3984398	0,70436535	1,10763465	0,25	2,35
Ancho hueso esponjoso	3	1,09	0,9619252	0,00149917	2,17850083	0,36	2,18

Tabla 4.9. Parámetros estadísticos de los tipos de mordeduras de carnívoros en tejido esponjoso y tejido cortical.

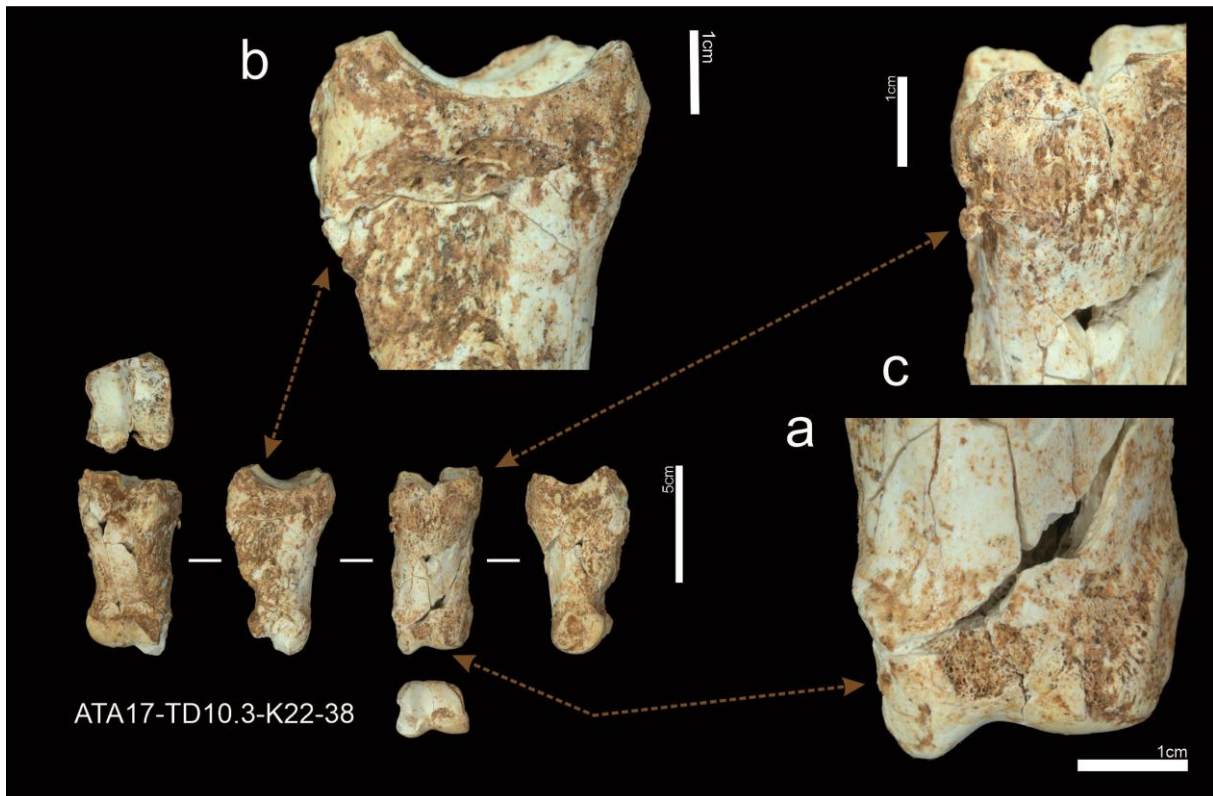
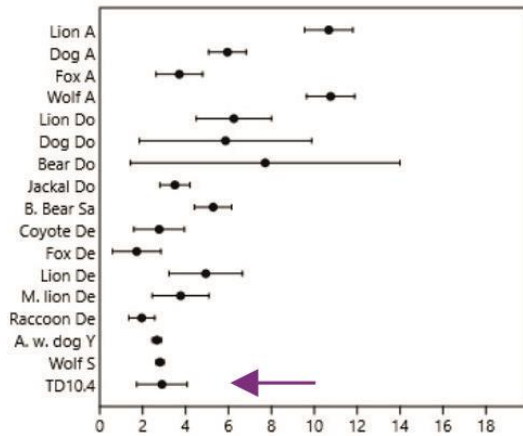
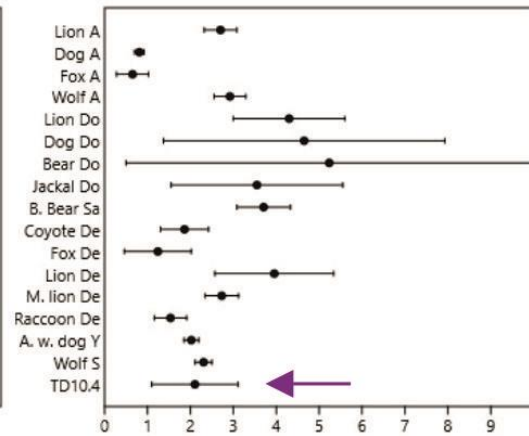


Figura 4.18. Primera falange de Bison sp. que presenta mordeduras de carnívoros. A) Imagen detallada de un pit de gran tamaño. 2) y 3) Detalles de la exostosis producida por una patología o a consecuencia de la edad.

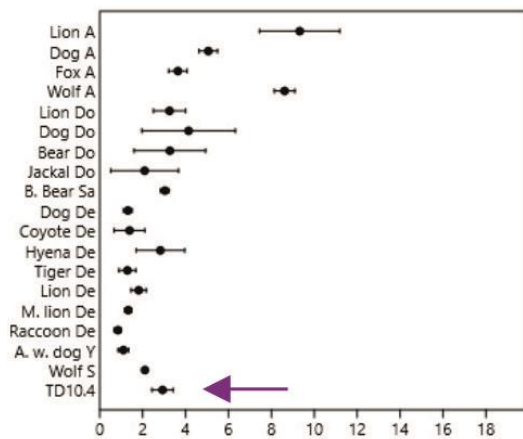
1)



2)



3)



4)

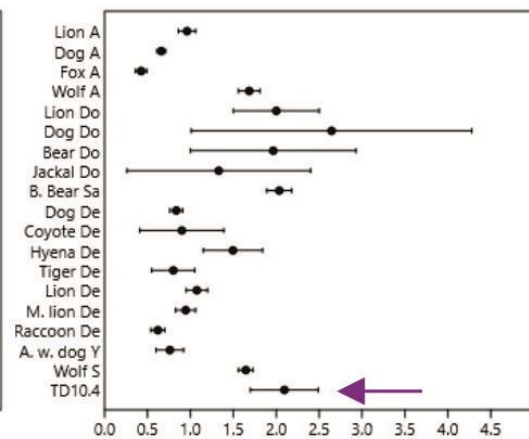


Figura 4.19. Comparativa de diferentes medidas (media e intervalo de confianza al 95% en mm) de los pits de trabajos experimentales y actualistas con los resultados obtenidos en el conjunto TD10.4. 1) Longitud en mm de los pits en tejido esponjoso. 2) Anchura en mm de los pits en tejido esponjoso. 3) Longitud en mm de los pits en tejido cortical. 4) Anchura en mm de los pits en tejido cortical. (Leyenda: Do=Dominguez-Rodrigo y Piqueras, 2003; De=Delaney-Rivera, et al., 2009; A=Andrés, et al., 2012, S=Sala, 2012, Sa=Saladié, et al., 2013, Y=Yravedra, et al., 2014).



Figura 4.20. Ejemplos de varios huesos y un diente con distintos grados de digestión.

## 5. Discusión

El nivel TD10 de Gran Dolina (Atapuerca, España) y los subniveles correspondientes han aportado numerosos datos sobre el comportamiento de los homínidos durante el Pleistoceno medio en contexto europeo.

El estudio tafonómico nos ayuda a entender cómo se originó y modificó la acumulación de fósiles, desde que el animal fallece y se deposita hasta como los distintos procesos alteran o afectan a los restos óseos y se preservan hasta su hallazgo. Además de aportar información sobre los tipos de ocupación y las estrategias cinegéticas de estos grupos humanos, los conjuntos faunísticos que encontramos en los cuatro subniveles responden a diversas historias tafonómicas dependiendo de los factores involucrados en cada uno.

Al igual que la presencia antrópica modifica y convierte los conjuntos fósiles, los carnívoros y los procesos diagenéticos también juegan un papel relevante. Es por ello, que en la mayoría de los conjuntos encontramos que los tres factores se encuentran involucrados en distintos grados de intensidad.

El subnivel TD10.4 supone un caso particular dentro del registro de TD10 ya que no presenta ninguna evidencia de actividad antrópica en el conjunto óseo a pesar de que se han

documentado 244 restos de herramientas líticas. A través del análisis tafonómico hemos realizado una serie de interpretaciones e inferencias sobre el origen y los distintos sucesos que se produjeron durante la formación del registro en las que las modificaciones fosildiagnéticas y la acción de los carnívoros en menor medida, son los factores principales.

El análisis de los restos del subnivel TD10.4 nos ha permitido identificar taxonómicamente un 40,84% del conjunto, este resultado supone un porcentaje muy elevado ya que normalmente en los niveles arqueológicos encontramos en torno a un 10-25%. Porcentajes similares a nuestro conjunto aparecen en yacimientos como Coudoulous I (Lot, Francia) perteneciente al Pleistoceno medio y que se ha interpretado como una acumulación natural, el lugar actuaría como una especie de sumidero para la parte superior de los depósitos detríticos (Brugal, et al. 2006).

En TD10.4 se han identificado un total de 16 grupos taxonómicos, donde la gran mayoría están representadas por uno o dos individuos excepto los bisontes, équidos y cérvidos. Los tres grupos taxonómicos, los más representados, ocupan el 73,4% de los restos que han sido determinados. Esto entra dentro de la tónica que observamos en los estudios realizados sobre los restos de los distintos subniveles de TD10, en todos ellos el porcentaje es superior al 70% llegando en algunos casos hasta el 94,07% de la manta de huesos de bisontes de TD10.2 (Rosell, 2001, Blasco et al., 2013, Rodríguez-Hidalgo, 2015, Saladié, et al., 2018, Pérez-Parque, 2018).

En cuanto a la representación de los distintos carnívoros, encontramos en la mayoría de la secuencia los mismos taxones y destacamos algunos de gran tamaño como pueden ser los leones (*Panthera leo (fossilis)*) y cánidos (*Canis mosbachensis/lupus* y *Cuon alpinus*). Además, en este subnivel se han identificado dos carnívoros de talla grande que no se han estudiado todavía en el resto de la secuencia como son *Homotherium laditens* y *Ursus deningeri*. Ningún tipo de hiénido se ha identificado en la secuencia de TD10, aunque si en otros niveles más antiguos de Gran Dolina como TD6 y TD8 (Saladié et al., 2011, 2012, 2014, 2017).

En el conjunto de TD10.4, el porcentaje de representación total de bisonte, équidos y cérvidos que observamos es exactamente el mismo que en TD10.2.2 e incluso la proporción entre los tres taxones es idéntica. Mientras los cérvidos y los bisontes se encuentran cerca del 30% cada uno, los équidos están hacia la mitad de los anteriores (cerca del 15%). Otro dato para tener en cuenta entre ambos conjuntos es que los dos tienen los porcentajes más bajos de marcas de

corte de todo el nivel. Mientras en TD10.2.2 existe un 1,20%, en TD10.4 no existe ninguna evidencia.

Específicamente en TD10.4 solo podemos barajar como agentes a los carnívoros ya que no existe ninguna evidencia antrópica sobre la superficie de los restos óseos, a pesar de la presencia de industria lítica. También encontramos, aunque con un porcentaje mucho menor, restos de *Stephanorhinus* cf. *hemitoechus* (NISP=3,04%) donde predominan huesos de las extremidades como metápodos, articulares y falanges, a excepción de una costilla. Esto nos puede indicar la presencia de taxones de talla muy grande, pero con menor intensidad. Depredadores como *Homotherium latidens* y *Panthera leo* estarían capacitados para la caza de esta especie ya que se ha documentado la caza de proboscídeos juveniles (Marean y Ehrhardt, 1995, Antón, et al. 2005).

Con respecto al número de restos total, el 22,05% son fragmentos totalmente indeterminables y que no se han podido atribuir a ningún tipo de hueso ni talla de peso, un número elevado que nos indica el estado de conservación y modificación que ha sufrido parte del conjunto. Los elementos con más representación son los dientes aislados (17,24%=NR), los huesos largos indeterminados (16,93%=NR) y en porcentajes entre 5-10%, encontramos huesos planos indeterminados, fragmentos de costillas y metápodos. El hecho de que los dientes y los fragmentos de diáfisis sean los elementos más representados nos indica por un lado la alta supervivencia de los dientes debido a su estructura y características y un grado de fragmentación alto en el conjunto.

El NME que ha sido calculado con huesos identificados taxonómica y anatómicamente, difiere de los datos anteriores en cuanto al esqueleto axial que es escaso y casi testimonial. Los elementos más representados son los huesos articulares, los metápodos, las falanges y los cráneos y mandíbulas calculados a partir de los dientes aislados. Además de los metápodos, los huesos largos mejor representados son el radio-ulna y la tibia que juntos formarían la parte de la extremidad inferior. Las extremidades superiores (húmero y fémur) aparecen infrarrepresentadas.

El cálculo de cráneos y mandíbulas se ha realizado teniendo en cuenta los dientes aislados. El hecho de que existan muchos dientes aislados nos puede indicar que los cráneos han desaparecido a través de procesos tafonómicos. También podría ser que muchos de los cráneos nunca se hubiesen depositado en este lugar, no encontramos apenas huesos de cráneos ni hiladas de dientes. Los dientes aislados podrían haberse desplazado por procesos naturales.

Excluyendo el resto de los taxones minoritarios que en gran medida son carnívoros y poniendo el foco en los tres taxones mayoritarios, vemos que los perfiles anatómicos nos dan resultados parecidos en el %MAU.

La representación de las partes de las extremidades es coherente con la etología de los carnívoros respecto al consumo de las carcasas. Los leones y hienas suelen consumir la parte de la extremidad superior antes debido a los paquetes musculares y la médula que tienen, mientras que los metápodos, los huesos podiales (articulares) se suelen ignorar. De todos modos, los grandes félidos como los leones solo consumen la carne (Blumenschine, 1986, Tappen, et al. 2002, Arriaza, et al., 2016). Vemos que las partes más comestibles de los individuos no aparecen o de forma testimonial. Las hipótesis posibles serían que estas partes esqueléticas nunca llegaron ni se encontraban en el yacimiento originariamente, fueron transportadas fuera de la zona o fuesen destruidas in situ. Muchos de los elementos carentes en el subnivel son de baja supervivencia, los cuales pueden desaparecer debido a la fracturación y consumo de carnívoros, la compactación sedimentológica y la diagénesis o ser transportados por corrientes de agua.

La representación de los cráneos y mandíbulas basada principalmente en dientes aislados es similar y nos lleva a interpretaciones que pueden concordar con las extremidades. La escasez tanto de fragmentos craneales como de muchos fragmentos planos podría indicarnos que estos elementos no se encontraban en el yacimiento. Existen elementos axiales conservados que se encuentran parcialmente completos y tienen buena conservación, esto nos puede hacer pensar que la ausencia de estos elementos no tenga relación con esos condicionantes. Posiblemente parte del esqueleto axial nunca habría estado presente en la zona excavada.

Las dos interpretaciones que se podrían hacer serían: que los carnívoros consumieran las partes o elementos de gran utilidad y transportasen los de menos a esta zona o que la zona fuese donde de los individuos falleciesen o se cazasen y que los elementos fuesen consumidos fueran y transportados fuera. Las características mencionadas anteriormente nos hacen pensar que la primera posibilidad podría ser la más plausible.

Hay numerosos yacimientos arqueológicos en los que predominan los cráneos y la parte inferior de las extremidades, especialmente en las especies de gran tamaño (Klein, et al. 1999). Inicialmente Binford (1984) propuso que estas características en un yacimiento eran indicativas de carroñeo por parte de los humanos. También tradicionalmente la predominancia de restos de extremidades se ha interpretado como conjunto transportado y no como conjunto de la zona de muerte (Bunn y Kroll, 1986). Otros autores como Bartram and Marean (1999)

plantean que la ausencia de las extremidades superiores (húmero y fémur) en los bóvidos grandes es causa de la destrucción preferencial para la obtención de la médula que dificulta la identificación de los fragmentos de diáfisis en el registro.

Los patrones de los cazadores-recolectores respecto al transporte de las carcasas puede ser arbitrario, tanto los elementos axiales como las extremidades suelen ser transportados en proporciones similares y su decisión depende de diversos factores (Monahan, 1998). Los carnívoros sociales también pueden ser igual de complejos con respecto a las decisiones del transporte que los humanos, algunos factores que afectan son el nivel de competencia entre carnívoros de un entorno, el tiempo que tengan para consumir las carcasas y el hambre (Haynes, 1980, Tappen et al. 2002). Cuando la explotación de las carcasas es alta, los elementos que mejor sobreviven en las zonas de caza son los elementos inferiores de las patas (Haynes, 1980, Blumenschine, 1986). Los cráneos son elementos que no suelen ser transportados a los cubiles por carnívoros cuando los individuos consumidos son adultos (Scott y Klein, 1981). Estos datos refuerzan las interpretaciones planteadas anteriormente.

Hemos comparado los datos obtenidos del %MAU y la densidad mineral de las partes de cada elemento en la talla grande (caballo y bisonte) y la talla media (cérvidos) y los resultados nos indican que la representación de la talla media no está relacionada con la conservación diferencial de los elementos por su densidad, mientras que en la talla grande tiene una relación positiva muy baja y significativa estadísticamente.

Por tanto, vemos que, en el caso de la talla grande, la conservación diferencial de los elementos tiene algo de relación con la densidad mineral y a su vez podría ser causa de la acción de carnívoros osteófagos o por factores postdeposicionales que alterasen el conjunto.

Los carnívoros tienen una representación esquelética distinta a la de los ungulados donde predominan los dientes aislados que representan cráneos y mandíbulas, hueso articulares, falanges y epífisis de huesos sin fusionar. El único hueso largo que se conserva más o menos completo es una fíbula de oso.

Los patrones que observamos en la representación esquelética pueden hacernos inducir que algunos carnívoros de gran tamaño como los félidos (*Homotherium latidens* y *Panthera leo*) acumulan presas tanto de gran tamaño como de media talla, al menos parte de las extremidades ya que el cráneo y los elementos axiales tienen muy baja representación (Marean y Ehrhardt, 1995, Arriaza et al., 2016, Domínguez-Rodrigo, et al., 2022). Además, observamos que la densidad mineral de los elementos y como consecuencia su conservación no tiene mucho peso en estas diferencias en la representación del conjunto ya que solo existe

una pequeña correlación positiva para las tallas grandes. Esto podría ser consecuencia de algunos procesos diagenéticos o de carnívoros como los cánidos o hiénidos que son capaces de fracturar y consumir huesos.

El patrón de mortalidad de los ungulados del subnivel TD10.4 dónde se encuentran los tres taxones mayoritarios, nos sitúa esta parte del conjunto en una zona intermedia entre un perfil de mortalidad catastrófica y uno atricional, aunque gran parte de la elipse se encuentra dentro de un perfil atricional. Este tipo de perfil se da en los depredadores cursoriales como los cánidos o los hiénidos tienden a cazar individuos juveniles o seniles (Bunn y Pickering, 2010). También se cree que el género *Homotherium* pertenecería a este grupo de carnívoros debido a sus características morfológicas que se asemejan más a los guepardos, gracilidad en los huesos y locomoción adaptada a la carrera (Marean y Ehrhardt, 1995, Antón, et al., 2005, DeSantis, et al., 2021). Por otro lado, encontramos los depredadores por emboscada como pueden ser los leones que los encontramos en el conjunto, estos no tienen preferencia en relación con la edad para elegir a su presa, depredación no selectiva (Bunn y Pickering, 2010). Los huesos de los individuos juveniles suelen estar infrarrepresentados en los conjuntos debido a la fragilidad y baja densidad ósea, esto provoca que factores postdeposicionales afecten y destruyan de manera más efectiva estos elementos.

A pesar de ello, en nuestro conjunto encontramos un alto porcentaje en proporción con los adultos y además se encuentran muy afectados por estos factores, por lo que podemos inferir que el número de individuos juveniles sería incluso mayor además de que son los más abundantes en una población viva (Stiner, 1990, Bunn y Pickering, 2010). Hay que tener en cuenta que no se ha identificado ningún individuo senil en el conjunto, podría ser debido al alto desgaste de los dientes y su fragmentación.

La presencia de individuos perinatales en el caso de los bisontes podría indicarnos la depredación de individuos hembras y sus crías en época de dar a luz que es cuando son más vulnerables (Bunn y Pickering, 2010). En TD10.4 encontramos un perfil de mortalidad en ungulados en el que destacan levemente los individuos juveniles por encima de los adultos, por tanto, se acerca más a un perfil atricional. La influencia de distintos depredadores tanto cursoriales como por emboscada influiría en la presencia de cierto equilibrio entre individuos juveniles y adultos en el conjunto.

Las medidas de los huesos nos muestran que el 68,3% del conjunto mide entre 2 y 5 cm, un porcentaje muy elevado que nos indica la alta fragmentación del conjunto que perjudica la identificación de los elementos. Solo el 4,7% de los huesos mide más de 15 cm, posiblemente

parte de ellos se hayan conservado completamente y no estén afectados por la fragmentación que afecta al resto del conjunto, es un porcentaje testimonial en contraposición al resto del conjunto. Existen dos tipos en los paños de fracturas que destacan sobre el resto, las fracturas rectas, longitudinales y suaves con 27% y las fracturas curvas, oblicuas y suaves con un 21,4%. Las primeras se pueden asociar a caídas de bloques u otros procesos postdeposicionales mientras las segundas se asocian a una fracturación en fresco, en este caso posiblemente por la acción de carnívoros (Villa y Mahieu, 1991).

Tras el aprovechamiento o no de las carcasas por los distintos agentes, los restos óseos pueden sufrir alteraciones tafonómicas tanto durante las fases de exposición subaérea y diagenética (Capaldo, 1997). La identificación de estas modificaciones nos puede permitir inferir en cuestiones relacionadas con la interpretación del ambiente deposicional del conjunto.

En la fase subaérea se han documentado modificaciones como el *weathering*, *trampling*, roídos, redondeo, pulido y las modificaciones por raíces. Ninguna de estas modificaciones que se relacionan con el transporte de los elementos o la exposición a la intemperie tienen una incidencia alta en el conjunto, no superan el 8% en ninguno de los casos (Behrensmeyer, 1978, Lyman, 1994, Cáceres, 2002).

En la fase diagenética, nos encontramos con numerosas modificaciones con gran peso en nuestro conjunto y que se relacionan directamente con las condiciones micro-ambientales de los sistemas kársticos. La precipitación de óxido de manganeso sobre la superficie de los huesos es la modificación más abundante en el conjunto y que afecta al 92,86%. Esta modificación produce la coloración negra de los huesos de forma generalizada, dispersa o concentrada y es producida por la acción de bacterias sobre los huesos. Se origina en ambientes húmedos y aeróbicos con un pH cercano al neutro y con anegamientos de agua (Cáceres, 2002).

En relación con el ambiente húmedo con el que se puede relacionar el conjunto, encontramos modificaciones como las concreciones y las fisuras por humedad que afectan un 48,91% y 21,27% respectivamente. Estos agrietamientos pueden producirse tanto por cambios de temperatura como de humedad. Por tanto, podemos decir que las condiciones ambientales son de una elevada humedad y con un ambiente aeróbico. Un bajo pH y la acción de las bacterias pueden producir la corrosión química y la disolución de elementos óseos que pueden incluso desaparecer. La disolución también depende mucho de la porosidad de los huesos y su densidad.

Estas modificaciones han afectado entre un 10% y un 15% en el conjunto por lo que también se debe tener en cuenta en la conservación e identificación de los huesos axiales (Lyman, 1994, Cáceres, 2002). La caída de bloques y la presión del sedimento en los restos óseos puede producir fisuras por presión, deformaciones y fracturas en el conjunto. Parte del conjunto se ha visto afectado por estos factores ya que observamos este tipo de fisuras en casi un 20% del conjunto y deformaciones en un 5%.

El porcentaje de modificaciones atribuida a los carnívoros es del 8,23% en relación con el número total de restos, es un porcentaje muy bajo teniendo en cuenta que en los cubiles actuales el porcentaje varía entre un 22%-100%. La causalidad de una escasez de mordeduras y otras modificaciones en el conjunto podría ser la presencia de grandes félidos como grandes depredadores principales. Los félidos originan menos marcas en los huesos que otros animales como las hienas (Marean y Ehrhardt, 1995, Arriaza et al., 2016, Domínguez-Rodrigo, et al., 2022). La mayoría de las modificaciones se encuentran presentes en animales de talla grande (24,53%) y la talla media (43,28%) sumando casi un 70% de las modificaciones. En el caso de haber sido cazados, los depredadores principales habrían sido los félidos en la talla grande, mientras que los cánidos podrían haber cazado las presas de talla media o carroñeado ambas tallas. Vemos que las modificaciones tienen un gran peso en las talla media y grande, los carnívoros tienen un papel importante en la presencia de estos restos.

Los huesos largos son los elementos con mayores modificaciones por carnívoros, tanto determinados o indeterminados (50,94%), seguido de huesos planos y costillas con menos de un 30%. Al igual que en la representación esquelética de los taxones mayoritarios, los elementos apendiculares que están determinados y que presentan marcas son de la parte intermedia e inferior de la extremidad. Las mordeduras en el esqueleto apendicular de todas las tallas presentan un predominio en la zona de la diáfisis con un 65,22% de las mordeduras, seguido de la metáfisis con un 30,43% y únicamente una mordedura se encuentra en la epífisis.

La comparativa métrica de los surcos y las depresiones con trabajos experimentales nos muestra la presencia de carnívoros de gran tamaño que han modificado algunos elementos de los distintos tallajes del conjunto. Sin embargo, el extenso catálogo de carnívoros que encontramos en el registro de diversas tallas nos indica la posibilidad de que las marcas de menor tamaño fueran realizadas también por estos. Tanto carnívoros grandes como pequeños tienen capacidad de realizar marcas pequeñas mientras que las de gran tamaño pasar a ser excluyentes de algunos taxones (Andrés, et al. 2012).

Las modificaciones asociadas a una mayor intensidad del consumo de los restos óseos como pueden ser *furrowing*, *pitting*, *licking* entre otros, están poco representadas. El *furrowing* no se ha evidenciado en el conjunto y el resto de las modificaciones no llegan ni al 15% de representación. Los cilindros diafisarios no aparecen en el conjunto, estos elementos suelen aparecer en cubiles de hienas o carnívoros osteófagos que consumen en su totalidad las epífisis de los huesos largos para acceder a la médula (Binford, 1981). A pesar de ellos, las epífisis tampoco son abundantes en el conjunto. Sin embargo, si se han documentado restos digeridos con distintos grados de intensidad. Esto evidencia la actuación de hiénidos o cánidos que pueden fracturar y digerir restos de cualquier talla, en nuestro caso destacar la presencia *Canis/Cuon* que podría ser el causante de los restos digeridos (Tappen y Wrangham, 2000, Lloveras, et al., 2008, Esteban-Nadal, et al., 2010).

## 5.1 Sumario

A través de los siguientes datos y las interpretaciones realizadas en base a ello, el conjunto de TD10.4 es una acumulación en la que han intervenido tanto factores naturales como la acción de carnívoros. La alta fragmentación del conjunto y la gran influencia de factores postdeposicionales han afectado a la conservación e identificación de los restos recuperados en el conjunto. Los elementos más identificados son elementos de alta supervivencia como los dientes y huesos compactos, pequeños, de fácil transporte, baja fragmentación y fácil identificación como son los huesos articulares y las falanges (Marean y Cleghorn, 2003).

Además, entre los tres taxones mayoritarios de ungulados encontramos un patrón en la representación esquelética que nos indica un transporte, o supervivencia mayor de las extremidades, concretamente de la parte media e inferior asociadas a los huesos articulares y falanges mencionadas. Esta parte de la carcasa además de ser elementos de alta supervivencia que permiten su conservación, son elementos de baja utilidad que muchas veces son ignorados por los grandes carnívoros (Tappen, et al., 2002). En contextos de alta competitividad entre carnívoros, como podría ser el caso debido al elevado número de especies de carnívoros del conjunto, estos podrían transportar este tipo de elementos a zonas más reclusas para su posterior consumo (Tappen, 1995). La presencia de un alto porcentaje de mordeduras en estos huesos en cérvidos, équidos y bisontes nos permite barajar esta hipótesis. La presencia de carnívoros osteófagos y restos digeridos, además de la fuerte influencia que tienen las modificaciones fosildiagénicas como las concreciones, las fisuras por humedad y presión y los procesos químicos nos permite inferir en la posibilidad de que otros huesos largos o hueso axiales hayan sido destruidos por la acción de estos agentes que producen una representación sesgada de los restos representados. Sin embargo, La presencia

de numerosos huesos de individuos juveniles y algunos huesos completos nos indica que parte del conjunto se ve menos afectados por este tipo de agentes, la utilización de diversos análisis sobre la distribución espacial de los restos podría permitirnos y ayudarnos a aclarar dichas cuestiones.

## 6. Conclusiones

Tras realizar el análisis tafonómico del registro fósil recuperado en el subnivel TD10.4, hemos podido llegar a una serie de conclusiones sobre su historia tafonómica y aproximarnos al proceso de formación.

Este conjunto se trata de una acumulación en la que intervienen múltiples agentes y procesos. Los restos analizados presentan numerosas modificaciones postdeposicionales mayoritariamente producidas durante la fase diagenética de la deposición de los restos. Podemos destacar modificaciones como son la presencia de dendritas de óxido de manganeso, corrosión química, disolución, fisuras, deformaciones y cementaciones propias de lugares kársticos.

Las condiciones micro-ambientales que se producen en estos lugares y otros factores como los cambios de humedad afectan y condicionan el estado de conservación de los restos. No obstante, la correlación del % del MAU y la densidad mineral de los huesos no tiene gran influencia en la representación esquelética del registro, lo que nos demuestra que otros procesos han intervenido.

A pesar de estas condiciones, el conjunto presenta evidencias de la presencia de carnívoros a través de mordeduras y otras modificaciones asociadas a dicho agente que pudo intervenir durante la fase nutritiva de las carcasas. Sin embargo, no tienen una alta incidencia en el conjunto como se esperaría en acumulaciones realizadas por carnívoros como puede ser el caso de cubiles de hienas.

Los datos obtenidos sobre el patrón de mortalidad, los taxones y elementos esqueléticos que presentan mordeduras y el volumen y tipo de modificaciones concuerda con la presencia de grandes félidos en el listado taxonómico. Parte del conjunto podría haber sido transportado o consumido por estos grandes carnívoros. La presencia de carnívoros osteófagos como los cánidos y las evidencias de huesos digeridos sugiere que las carcasas podían haber sido aprovechadas a través del carroñeo.

Las modificaciones producidas en la fase subáerea tienen una incidencia baja, no existen porcentajes significativos que nos indiquen un transporte de los restos o una exposición larga

a la intemperie. No se ha documentado ningún tipo de evidencia antrópica en los restos que nos indiquen una relación con los homínidos.

La historia tafonómica nos muestra una representación sesgada producida por los múltiples procesos naturales y biológicos que han influido en la formación del conjunto. Los procesos diagenéticos destacan sobre el resto y condicionan los datos que podemos obtener de la muestra. La proximidad al nivel TD9 afectado por fosfatos y las condiciones kársticas de Gran Dolina durante ese periodo podrían ser las causas de dichas condiciones.

El registro fósil del subnivel TD10.4 se encuadra en unas condiciones particulares conforme al resto del nivel donde la presencia antrópica es muy importante en el conjunto faunístico. A pesar de que la representación taxonómica sea similar en todos los subniveles, los agentes y procesos que intervienen juegan un papel fundamental y condicionan la interpretación de registro arqueológico. En este caso, las fases postdeposicionales no nos permiten inferir con claridad las actividades anteriores a la deposición de los restos además de la relación con los distintos agentes acumuladores.

## 7. Bibliografía

### A

Andrés, M., Gidna, A. O., Yravedra, J., Domínguez-Rodrigo, M. (2012). A study of dimensional differences of tooth marks (pits and scores) on bones modified by small and large carnivores. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 4(3), 209-219.

Andrews, P., Cook, J. (1985). Natural modifications to bones in a temperate setting, *Man* 20, 674-691.

Andrews, P., Cook, J. (1990). *Owls, 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*. University of Chicago Press.

Andrews, P., Evans, E. N. (1983). Small mammal bone accumulations produced by mammalian carnivores. *Paleobiology*, 9(3), 289-307.

Antón, M., Galobart, A., Turner, A. (2005). Co-existence of scimitar-toothed cats, lions and homínidos in the European Pleistocene. Implications of the post-cranial anatomy of *Homotherium latidens* (Owen) for comparative palaeoecology. *Quaternary Science Reviews*, 24(10-11), 1287-1301.

Anzidei, A. P., Bulgarelli, G. M., Catalano, P., Cerilli, E., Gallotti, R., Lemorini, C., ... & Santucci, E. (2012). Ongoing research at the late Middle Pleistocene site of La Polledrara di Cecanibbio (central Italy), with emphasis on human–elephant relationships. *Quaternary International*, 255, 171-187.

Arnold, L. J., Demuro, M., Parés, J. M., Pérez-González, A., Arsuaga, J. L., de Castro, J. M. B., & Carbonell, E. (2015). Evaluating the suitability of extended-range luminescence dating techniques over early and Middle Pleistocene timescales: Published datasets and case studies from Atapuerca, Spain. *Quaternary International*, 389, 167-190.

Arriaza, M. C., Domínguez-Rodrigo, M., Yravedra, J., & Baquedano, E. (2016). Lions as bone accumulators? Paleontological and ecological implications of a modern bone assemblage from Olduvai Gorge. *PLoS One*, 11(5), e0153797.

## **B**

Barone, R. (1976). *Anatomie comparée des mammifères domestiques. I. Osteologie atlas*. Vigot Frères. Paris.

Bartram, L. E. J., Marean, C. (1999). Explaining the “Klasies pattern”: Kua Ethnoarchaeology, the Die Kelders Middle Stone Age archaeofauna, long bone fragmentation and carnivore ravaging. *Journal of Archaeological Science* 26, 9–29.

Behrensmeier, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4(2), 150-162.

Behrensmeier, A. K., Gordon, K. D., Yanagi, G. T. (1986). Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks. *Nature*, 319(6056), 768-771.

Behrensmeier, A. K., Gordon, K. D., Yanagi, G. T. (1989). Nonhuman bone modification in Miocene fossils from Pakistan, en: R. Bonnichsen, M.H. Sorg (Eds.), Bone modification, University of Maine Center for the study of the first americans, Orono, pp. 99-120.

Behrensmeier, A. K., Allison, P. A., Briggs, D. E. G. (1991). Terrestrial vertebrate accumulations. *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*, 9, 291-335.

Berger, G.W., Pérez-González, A., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M. & Ku, T.L. (2008). Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution* 55, 300-311.

Benito Calvo, A. (2004). Análisis geomorfológico y reconstrucción de paleopaisajes neógenos y cuaternarios en la Sierra de Atapuerca y el valle medio del río Arlanzón. Facultad de Ciencias geológicas, departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid. Tesis doctoral.

Bermejo, L., Ortega, A. I., Guérin, R., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Parés, J. M., Aracil, E., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2017). 2D and 3D ERT imaging for identifying karst morphologies in the archaeological sites of Gran Dolina and Galería Complex (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International*, 433, 393-401.

Bermúdez de Castro, J. M., Arsuaga, J. L., Carbonell, E., Rosas, A., Martínez, I., & Mosquera, M. (1997). A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science*, 276(5317), 1392-1395.

Bermúdez de Castro, J. M., Pérez-González, A., Martín-Torres, M., Gómez-Robles, A., Rosell, J., Prado, L., Sarmiento, S., 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., Martín-Torres, M., Robles, A. G., Prado, L., & Carbonell, E. (2010). New human evidence of the Early Pleistocene settlement of Europe, from Sima del Elefante site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International*, 223, 43.

Bermúdez de Castro, J. M., Martín-Torres, M., Blasco, R., Rosell, J., & Carbonell, E. (2013). Continuity or discontinuity in the European Early Pleistocene human settlement: the Atapuerca evidence. *Quaternary Science Reviews*, 76, 53-65.1-433.

Binford, L. R. (1978). *Numamiut ethnoarchaeology*. Academic press. New York.

Binford, L. R. (1981). *Bones: ancient men and modern myths*. Academic press. New York.

Binford, L. R. (1984). *Faunal remains from Klaises River Mouth*. Academic Press. New York.

Blain, H. A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G. (2008). The Early–Middle Pleistocene palaeoenvironmental change based on the squamate reptile and amphibian proxies at the Gran Dolina site, Atapuerca, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 261(1-2), 177-192.

Blasco, R., Rosell, J., Peris, J. F., Cáceres, I., Vergès, 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.

Blasco, R., Rosell, J. (2009). Who was the first? An experimental application of carnivore and hominid overlapping marks at the Pleistocene archaeological sites. *Comptes Rendus Palevol*, 8(6), 579-592.

Blasco, R. (2011). La amplitud de la dieta cárnica en el Pleistoceno medio peninsular: una aproximación a partir de la Cova del Bolomor (Tavernes de la Valldigna, Valencia) y del subnivel TD10-1 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos). Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. Tesis doctoral.

Blasco, R., Blain, H. A., Rosell, J., Díez Fernández-Lomana, J. C., Huguet Pàmies, R., Rodríguez, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2011). Earliest evidence for human consumption of tortoises in the European Early Pleistocene from Sima del Elefante, Sierra de Atapuerca, Spain.

Blasco, R., Rosell, J., Fernández Peris, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2013). Environmental availability, behavioural diversity and diet: a zooarchaeological approach from the TD10-1 sublevel of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) and Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quaternary Science Reviews* 70, 124-144.

Blumenschine, R. J. (1986). Carcass consumption sequences and the archaeological distinction of scavenging and hunting. *Journal of Human Evolution*, 15(8), 639-659.

Blumenschine, R. J., Madrigal, T. C. (1993). Variability in long bone marrow yields of East African ungulates and its zooarchaeological implications. *Journal of Archaeological Science*, 20(5), 555-587.

Blumenschine, R. J., Marean, C. W., Capaldo, S. D. (1996). Blind tests of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces. *Journal of archaeological science*, 23(4), 493-507.

Blumenschine, R.J., Marean, C.W. (1993). A carnivore's view of archaeological bone assemblages. From bones to behavior: ethnoarchaeological and experimental contributions to the interpretation of faunal remains. *Center of Archaeological Investigations*, Carbondale, 273-300.

Brain, C. K. (1981). *The hunters or the hunted?: an introduction to African cave taphonomy*. University of Chicago Press, Chicago and London.

Brugal, J. P. (1994). Introduction générale: action de l'eau sur les ossements et les assemblages fossiles: Actions de l'eau et des milieux aqueux. *Artefacts (Viroinval)*, 9, 121-129.

Brugal, J., Diez-Lomana, C., Pàmies, R. H., Michel, P., Ardevol, J. R. (2006). Karstic cavities, natural bone accumulations and discrete human activities in the European Palaeolithic: some case studies. *BAR international Series*, 1564, 1.

Bunn, H. T. (1981). Archaeological evidence for meat-eating by Plio-Pleistocene hominids from Koobi Fora and Olduvai Gorge. *Nature*, 291(5816), 574-577.

Bunn, H. T. (1982). *Meat-eating and human evolution: studies on the diet and subsistence patterns of Plio-Pleistocene hominids in East Africa*. University of California, Berkeley.

Bunn, H. T. (1983). Comparative analysis of modern bone assemblages from a San hunter-gatherer camp in the Kalahari Desert, Botswana, and from a spotted hyena den near Nairobi, Kenya. *Animal and Archaeology, 1. Hunters and Their Prey; BAR International Series*, 163, 141-148.

Bunn, H. T. (1986). Patterns of skeletal representation and hominid subsistence activities at Olduvai Gorge, Tanzania, and Koobi Fora, Kenya. *Journal of Human Evolution*, 15(8), 673-690.

Bunn, H. T., Kroll, E. M. (1986). Systematic butchery by Plio-Pleistocene hominids at Olduvai Gorge, Tanzania. *Current Anthropology* 11, 421-430.

Bunn, H. T., Pickering, T. R. (2010). Methodological recommendations for ungulate mortality analyses in paleoanthropology. *Quaternary Research*, 74(3), 388-394.

## C

Cáceres, I., (2002). Tafonomía de yacimientos antrópicos en karst. Complejo Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos), Vanguard Cave (Gibraltar) y Abric Romaní (Capellades, Barcelona), Universitat Rovira i Virgili. Tesis Doctoral.

Cáceres, I., Bravo, P., Esteban, M., Exposito, I., & Saladie, P. (2002). Fresh and heated bones breakage. An experimental approach. *Current topics on taphonomy and fossilization*, 471-479.

- Campaña Lozano, I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E. (2016). Assessing automated image analysis of sand grain shape to identify sedimentary facies, Gran Dolina archaeological site (Burgos, Spain).
- Campaña, I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Ortega, A. I., de Castro, J. B., Carbonell, E. (2017). Pleistocene sedimentary facies of the Gran Dolina archaeo-paleoanthropological site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International*, 433, 68-84.
- Campaña-Lozano, I. (2018). Estratigrafía y sedimentología del yacimiento de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos). Universidad de Burgos. Tesis doctoral.
- Capaldo, S. D., Blumenschine, R. J. (1994). A quantitative diagnosis of notches made by hammerstone percussion and carnivore gnawing on bovid long bones. *American Antiquity*, 59(4), 724-748.
- Capaldo, S. D. (1995). *Inferring hominid and carnivore behavior from dual-patterned archaeofaunal assemblages*. Rutgers University. Tesis doctoral.
- 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.
- Capaldo, S. D. (1998). Simulating the formation of dual-patterned archaeofaunal assemblages with experimental control samples. *Journal of Archaeological Science*, 25(4), 311-330.
- Carbonell, E., Rodríguez, X. P. (1994). Early Middle Pleistocene deposits and artefacts in the Gran Dolina site (TD4) of the 'Sierra de Atapuerca' (Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 26(4), 291-311.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J. M., Arsuaga, J. L., Díez, J. C., Rosas, A., Cuenca-Bescós, G., Sala, R., Mosquera, M., Rodríguez, X. P. (1995). Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science*, 269(5225), 826-830.
- Carbonell, E.; Bermudez de Castro, J.M.; Parés, J.M.; Perez-Gonzalez, A.; Cuenca-Bescos, G.; Olle, A.; Mosquera, M.; Huguet, R.; van der Made, J.; Rosas, A.; Sala, R.; Vallverdú, J.; Garcia, N.; Granger, D.E.; Martínón-Torres, M.; Rodríguez, X.P.; Stock, G.M.; Vergès, J.M.; Allué, E.; Burjachs, F.; Cáceres, I.; Canals, A.; Benito, A.; Díez, C.; Lozano, M.; Mateos, A.; Navazo, M.; Rodríguez, J.; Rosell, J., Arsuaga, J.L. (2008). The first hominin of Europe. *Nature* 452, 465-469.
- Childe, V. G. (1942). *What happened in history*. London: Max Parrish.

- Courtenay, L. A., Yravedra, J., Huguet, R., Ollé, A., Aramendi, J., Maté-González, M. Á., González-Aguilera, D. (2019). New taphonomic advances in 3D digital microscopy: A morphological characterisation of trampling marks. *Quaternary International*, 517, 55-66.
- Courty, M. A., Goldberg, P., Macphail, R. (1989). Soils and micromorphology in archaeology. *Cambridge: Cambridge*.
- Cruz-Urbe, K. (1991). Distinguishing hyena from hominid bone accumulations. *Journal of Field Archaeology*, 18(4), 467-486.
- 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). *L'Anthropologie* 105 (1), 115-30.
- Cuenca-Bescós, G., Rofes, J. y García-Pimienta, J. (2005). Environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: Small mammalian evidence from the Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. *Geological Society Special Publication* 247, 277-86.
- Cuenca-Bescós, G., Garcia, N. (2007). Biostratigraphic succession of the Early and Middle Pleistocene mammal faunas of the Atapuerca cave sites (Burgos, Spain). In *Late neogene and quaternary biodiversity and evolution (regional developments and interregional correlations: proceedings of the 18th International Senckenberg Conference. volume II)* (Vol. 259, pp. 99-110).
- Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., López-García, J. M., Blain, H. A., Roger, J., Galindo-Pellicena, M. A., Bennásar-Serra, M. L., Melero-Rubio, M., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E. (2010). Biochronology of Spanish Quaternary small vertebrate faunas. *Quaternary International*, 212(2), 109-119.
- Cuenca-Bescós, G., Melero-Rubio, M., Rofes, J., Martínez, I., Arsuaga, J.L., Blain, H.-A., López-García, J.M., Carbonell, E., Bermudez de Castro, J.M. (2011). The Early-Middle Pleistocene environmental and climatic change and the human expansion in Western Europe: a case study with small vertebrates (Gran Dolina, Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 60 (4), 481-491.
- Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., López-García, J. M., Blain, H. A., Rabal-Garcés, R., Sauqué, V., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2013). The small mammals of Sima del Elefante (Atapuerca, Spain) and the first entrance of Homo in Western Europe. *Quaternary International*, 295, 28-35.

## D

de Lombera-Hermida, A.; Bargalló, A.; Terradillos-Bernal, M.; Huguet, R.; Vallverdú, J.; García- Antón, M.-D.; Mosquera, M.; Ollé, A.; Sala, R.; Carbonell, E.; Rodríguez-Álvarez, X.P. (2015). The lithic industry of Sima del Elefante (Atapuerca, Burgos, Spain) in the context of Early and Middle Pleistocene technology in Europe, *Journal of Human Evolution*, 82, 95-106.

de Lombera-Hermida, A., Rodríguez-Álvarez, X. P., Mosquera, M., Ollé, A., García-Medrano, P., Pedergnana, A., Terradillos-Bernal, M., López-Ortega, E., Bargalló, A., Rodríguez-Hidalgo, A., Saladié, P., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2020). The dawn of the Middle Paleolithic in Atapuerca: the lithic assemblage of TD10. 1 from Gran Dolina. *Journal of Human Evolution*, 145, 102812.

Delaney-Rivera, C., Plummer, T. W., Hodgson, J. A., Forrest, F., Hertel, F., & Oliver, J. S. (2009). Pits and pitfalls: taxonomic variability and patterning in tooth mark dimensions. *Journal of Archaeological Science*, 36(11), 2597-2608.

Demuro, M., Arnold, L. J., Parés, J. M., Pérez-González, A., Ortega, A. I., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E. (2014). “New luminescence ages for the Galería Complex archaeological site: Resolving chronological uncertainties on the Acheulean record of the Sierra de Atapuerca, Northern Spain”. *PLoS ONE* 9 (10).

DeSantis, L. R., Feranec, R. S., Antón, M., Lundelius Jr, E. L. (2021). Dietary ecology of the scimitar-toothed cat *Homotherium serum*. *Current Biology*, 31(12), 2674-2681.

Fernández-Lomana, C. D. (1993). Estudio tafonómico de los macrovertebrados de yacimientos del Pleistoceno Medio. *Complutum*, 4, 21-40.

Díez Fernández-Lomana, J.C., Moreno, V., Rodríguez, J., Rosell, J., Cáceres I., Huguet, R., (1999). Estudio arqueológico de los restos de macrovertebrados de la Unidad GIII de Galería (Sierra de Atapuerca), en: E. Carbonell, A. Rosas, J.C. Díez (Eds), Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería, Junta de Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura, Zamora, pp. 265-282.

Discamps, E., Costamagno, S. (2015). Improving mortality profile analysis in zooarchaeology: a revised zoning for ternary diagrams. *Journal of Archaeological Science*, 58, 62-76.

Domínguez Rodrigo, M. (1998). Tafonomía y ciencia ficción: algunos casos prácticos, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología castellana*. 19, 7-26

Domínguez-Rodrigo, M., Piqueras, A. (2003). The use of tooth pits to identify carnivore taxa in tooth-marked archaeofaunas and their relevance to reconstruct hominid carcass processing behaviours. *Journal of archaeological science*, 30(11), 1385-1391.

Domínguez Rodrigo, M. (2008). Arqueología neo-procesual: 'Alive and kicking'. Algunas reflexiones desde el Paleolítico. *Complutum*. 19(1), 195-204.

Domínguez-Rodrigo, M., De Juana, S., Galan, A. B., Rodríguez, M. (2009). A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science*, 36(12), 2643-2654.

Domínguez-Rodrigo, M., Egeland, C. P., Cobo-Sánchez, L., Baquedano, E., Hulbert, R. C. (2022). Sabertooth carcass consumption behavior and the dynamics of Pleistocene large carnivoran guilds. *Scientific reports*, 12(1), 1-14.

Duval, M., Falguères, C., Bahain, J.-J. (2012). Age of the oldest hominin settlements in Spain: contribution of the combined U-series/ESR dating method applied to fossil teeth. *Quaternary Geochronology* 10, 412-417.

## **E**

Egeland, C. P. (2007). Zooarchaeological and taphonomic perspectives on hominid and carnivore interactions at Olduvai Gorge, Tanzania. Indiana University. Tesis doctoral.

Esteban-Nadal, M., Cáceres, I., Fosse, P. (2010). Characterization of a current coprogenic sample originated by *Canis lupus* as a tool for identifying a taphonomic agent. *Journal of Archaeological Science*, 37(12), 2959-2970.

## **F**

Falguères, C., Bahain, J.J., Yokoyama, Y., Arsuaga, J.L., Bermúdez De Castro, J.M., Carbonell, E., Bischoff, J.L., Dolo, J.M. (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution* 37, 343-352.

Falguères, C., Bahain, J.-J., Bischoff, J.L., Pérez-González, A., Ortega, A.I., Ollé, A., Quiles, A., Ghaleb, B., Moreno, D., Dolo, J.-M., Shao, Q., Vallverdú, J., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L. (2013). Combined ESR/U-series chronology of Acheulian

hominid-bearing layers at Trinchera Galería site, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 65, 168-184.

Fernández-Jalvo, Y., Díez, J. C., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E., Arsuaga, J. L. (1996). Evidence of early cannibalism. *Science*, 271(5247), 277-278.

Fernández-Jalvo, Y. Andrews, P. (2016). *Atlas of taphonomic identifications*. Springer, London.

Fisher, J. W. (1995). Bone surface modifications in zooarchaeology. *Journal of Archaeological method and theory*, 2(1), 7-68.

France, D. L. (2009). *Human and nonhuman bone identification: a color atlas*. Crc Press, Boca Raton.

## G

García Matarranz, V., (2019). *Guía de identificación de rapaces ibéricas por restos óseos*. Ministerio para la transición ecológica. Madrid.

García-Medrano, P., Ollé, A., Mosquera, M., Cáceres, I., Díez, C., Carbonell, E. (2014). The earliest Acheulean technology at Atapuerca (Burgos, Spain): oldest levels of the Galería site (GII Unit). *Quaternary International*, 353, 170-194.

García-Medrano, P., Ollé, A., Mosquera, M., Cáceres, I., Carbonell, E. (2015). The nature of technological changes: The Middle Pleistocene stone tool assemblages from Galería and Gran Dolina-subunit TD10. 1 (Atapuerca, Spain). *Quaternary International*, 368, 92-111.

Gifford-Gonzalez, D. (1989). Ethnographic analogues for interpreting modified bones: some cases from East Africa. *Bone modification*, 179-246.

Gifford-Gonzalez, D. (2018). *An introduction to zooarchaeology* (p. 503). Springer.

Grayson, D. K., Delpech, F. (1998). Changing diet breadth in the early Upper Palaeolithic of southwestern France. *Journal of Archaeological Science*, 25(11), 1119-1129.

Grayson, D. K., Delpech, F. (2002). Specialized early Upper Palaeolithic hunters in southwestern France?. *Journal of archaeological science*, 29(12), 1439-1449.

Grayson, D. K. (2014). *Quantitative zooarchaeology: topics in the analysis of archaeological faunas*. Elsevier.

## H

Haynes, G. (1980). Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and Recent mammalian bones. *Paleobiology*, 6(3), 341-351.

Haynes, G. (1982). Utilization and skeletal disturbances of North American prey carcasses. *Arctic*, 266-281.

Haynes, G. (1983). A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bones. *Paleobiology*, 9(2), 164-172.

Hill, A. (1989). Bone modification by modern spotted hyenas. In *Bone Modification (Proceedings of First International Conference on Bone Modification)* (pp. 169-178).

Hill, M.G., (2008). *Paleoindian subsistence dynamics on the Northwestern great Plains. Zooarcheology of the Agate Basin and Clary Ranch sites*. Oxford.

Hillson, S. (2005). *Teeth*. Cambridge university press.

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, Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili. Tesis doctoral.

Huguet, R., Saladié, P., Cáceres, I., Díez, C., Rosell, J., Bennàsar, M., Blasco, R., Esteban-Nadal, M., Gabucio, M.J., Rodríguez-Hidalgo, A., Carbonell, E. (2013). Successful subsistence strategies of the first humans in south-western Europe. *Quaternary International*, 295, 168-182.

## J

Johnson, E. (1985). Current developments in bone technology. In *Advances in archaeological method and theory* (pp. 157-235). Academic Press.

## K

Kent, S. (1981). The dog: an archaeologist's best friend or worst enemy. The spatial distribution of faunal remains. *Journal of Field Archaeology Boston, Mass*, 8(3), 367-372.

Klein, R. G. (1975). Paleoanthropological implications of the nonarcheological bone assemblage from Swartklip I, south-western Cape Province, South Africa. *Quaternary Research*, 5(2), 275-288.

Klein, R. G., Cruz-Uribe, K. (1984). *The analysis of animal bones from archeological sites*. University of Chicago press.

Klein, R. G. (1989). Why does skeletal part representation differ between smaller and larger bovids at Klasies River Mouth and other archeological sites?. *Journal of Archaeological Science*, 16(4), 363-381.

Klein, R. G., Cruz-Uribe, K., Milo, R. G. (1999). Skeletal part representation in archaeofaunas: comments on “Explaining the ‘Klasies Pattern’: Kua Ethnoarchaeology, the Die Kelders Middle Stone Age archaeofauna, long bone fragmentation and carnivore ravaging” by Bartram & Marean. *Journal of Archaeological Science*, 26(9), 1225-1234.

## L

Lam, Y. M. (1992). Variability in the behaviour of spotted hyaenas as taphonomic agents. *Journal of Archaeological Science*, 19(4), 389-406.

Lam, Y. M., Chen, X., Marean, C. W., Frey, C. J. (1998). Bone density and long bone representation in archaeological faunas: comparing results from CT and photon densitometry. *Journal of Archaeological Science*, 25(6), 559-570.

Lam, Y. M., Chen, X., Pearson, O. M. (1999). Intertaxonomic variability in patterns of bone density and the differential representation of bovid, cervid, and equid elements in the archaeological record. *American Antiquity*, 64(2), 343-362.

Lam, Y. M., Pearson, O. M., Marean, C. W., & Chen, X. (2003). Bone density studies in zooarchaeology. *Journal of Archaeological Science*, 30(12), 1701-1708.

Levine, M. A. (1982). The use of crown height measurements and eruption-wear sequences to age horse teeth. *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*, 109, 223-249.

López-González, F., Grandal-d'Anglade, A., Vidal-Romaní, J. R. (2006). Deciphering bone depositional sequences in caves through the study of manganese coatings. *Journal of Archaeological Science*, 33(5), 707-717.

Lyman, R. L. (1994). *Vertebrate taphonomy*. Cambridge University Press. Cambridge.

Lyman, R. L. (2008). *Quantitative paleozoology*. Cambridge University Press. Cambridge.

## LL

Lloveras, L., Moreno-Garcia, M., Nadal, J. (2008). Taphonomic analysis of leporid remains obtained from modern Iberian lynx (*Lynx pardinus*) scats. *Journal of Archaeological Science*, 35(1), 1-13.

Lloveras, L., Thomas, R., Lourenço, R., Caro, J., Dias, A. (2014). Understanding the taphonomic signature of Bonelli's Eagle (*Aquila fasciata*). *Journal of archaeological science*, 49, 455-471.

## M

Maguire, J. M., Pemberton, D., Collett, M. H. (1980). The Makapansgat Limeworks grey breccia: hominids, hyaenas, hystricids or hillwash. *Palaeontologia africana*, 23(75), e98.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press. Princeton.

Mallol, C. y Carbonell, E. (2008). The collapse of Gran Dolina cave, Sierra de Atapuerca, Spain: Site formation processes of layer TD10-1. *Geoarchaeology* 23 (1), 13-41.

Marean, C. W., Ehrhardt, C. L. (1995). Paleoanthropological and paleoecological implications of the taphonomy of a sabertooth's den. *Journal of Human Evolution*, 29(6), 515-547.

Marean, C. W., Cleghorn, N. (2003). Large mammal skeletal element transport: applying foraging theory in a complex taphonomic system. *Journal of taphonomy*, 1(1), 15-42.

Mateos Cachorro, A. (1999). Alimentación y consumo no cárnico en el Solutrense cantábrico: mandíbulas y falanges fracturadas intencionalmente en el nivel 9 de la cueva de las Caldas (Priorio, Oviedo), *Zepirus* 52, 33-52.

Monahan, C. M. (1998). The Hadza carcass transport debate revisited and its archaeological implications. *Journal of Archaeological Science*, 25(5), 405-424.

Moreno, D.; Falguères, C.; Pérez-González, A.; Voinchet, P.; Ghaleb, B.; Despriée, J.; Bahain, J.-J.; Sala, R.; Carbonell, E.; Bermúdez de Castro, J.M. Arsuaga, J.L. (2015). New radiometric dates on the lowest stratigraphical section (TD1 to TD6) of Gran Dolina site (Atapuerca, Spain), *Quaternary Geochronology*, 30 (Part B), 535-540.

Mosquera, et al., (En preparación). Estudio del nivel TD10.3 de la Gran Dolina de la sierra de Atapuerca (Burgos, España).

## O

Oliver, J. S., Bonnicksen, R., & Sorg, M. H. (1989). Analogues and site context: bone damages from shield trap cave (24CB91), carbon county, Montana, USA. In *Bone modification*. University of Maine Center for the Study of First Americans Orono, 73-98.

Ollé, A.; Mosquera, M., Rodríguez, X.P., de Lombera-Hermida, A., García-Antón, M.D., García- Medrano, P., Peña, L.; Menéndez, L., Navazo, M., Terradillos, M., Bargalló, A., Márquez, B., Sala, R., Carbonell, E. (2013). The Early and Middle Pleistocene technological record from Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary International*, 295, 138-167.

Olsen, S. J. (1971). *Zooarchaeology: animal bones in archaeology and their interpretation* (Vol. 1). Addison-Wesley Publishing Company.

Ortega, A.I., (2009). La Evolución Geomorfológica Del Karst de La Sierra de Atapuerca (Burgos) y Su Relación Con Los Yacimientos Pleistocenos Que Contiene. Universidad de Burgos, Facultad de Humanidades y Educación. Departamento de ciencias históricas y geografía, Burgos, España. Tesis Doctoral.

Outram, A. K. (2001). A new approach to identifying bone marrow and grease exploitation: why the “indeterminate” fragments should not be ignored. *Journal of archaeological science*, 28(4), 401-410.

## P

Pales, L., Lambert, C. (1971). *Atlas ostéologique: pour servir à l'identification des mammifères du Quaternaire. Les membres Herbivores*. Centre National de la Recherche Scientifique.

Pales, L., & Garcia, M. A. (1981). Atlas ostéologique des mammifères. II. *Tête/Rachis. Ceintures scapulaire et pelvienne/Carnivores/Homme*. Éditions du CNRS, Paris.

Pappa, S., Tsoukala, E., Lazaridis, G., & Rabeder, G. (2005). Milk teeth of Quaternary carnivores from northern Greek Caves. *Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg*, 45, 169-182.

Parés, J.M., Pérez-González, A. (1995). Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca Archaeological site, Spain. *Science* 269, 830-832.

Parés, J. M., 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., de Castro, J. B., Carbonell, E., & 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., Arnold, L., Duval, M., Demuro, M., Pérez-González, A., de Castro, J. B., Carbonell, E., Arsuaga, J. L. (2013). Reassessing the age of Atapuerca-TD6 (Spain): new paleomagnetic results. *Journal of Archaeological Science*, 40(12), 4586-4595.

Parés, J.M., Álvarez, C., Sier, M., Moreno, D., Duval, M., Woodhead, J.D., Ortega, A.I., Campaña, I., Rosell, J., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2018). Chronology of the cave interior sediments at Gran Dolina archaeological site, Atapuerca (Spain). *Quaternary Science Reviews* 186, 1-16.

Pérez-Parque, O., (2018). Análisis Zooarqueológico y Tafonómico del conjunto arqueológico TD10.2.2 de la Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos). Universitat Rovira i Virgili. Tesis de máster.

Pérez-González, A., Aleixandre, T., Pinilla, A., Gallardo, J., Benayas, J. y Martínez, M. J. (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, editado por: J. M. Bermúdez de Castro, J. L. Arsuaga y E. Carbonell, 99-122. Valladolid.

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, editado por: E. Carbonell, A. Rosas y C. Díez, 31-42. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura.

Pérez-González, A., Parés, J.M.; Carbonell, E., Aleixandre, T., Ortega, A.I., Benito, A., Martín Merino, M.Á. (2001). Géologie de la Sierra de Atapuerca et stratigraphie des remplissages karstiques de Galería et Dolina (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105, 27-43.

Pickering, T. R. (1999). Taphonomic interpretations of the Sterkfontein early hominid site (Gauteng, South Africa) reconsidered in light of recent evidence. The University of Wisconsin-Madison. Tesis doctoral.

Pinto, A. C., Andrews, P. J. (2004). Scavenging behaviour patterns in cave bears *Ursus spelaeus*. *Revue de Paléobiologie*, 23(2), 845-853.

Pinto, A. C., Andrews, P., Etxeberria, F. (2005). Tafonomía y paleoecología de úrsidos. *Fundación Oso de Asturias. Oviedo*.

## R

Richardson, P. R. (1980). Carnivore damage to antelope bones and its archaeological implications. *Palaeontologia africana*, 23, 109-125.

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, C., Rofes, J., Sala, R., Saladié, P., Vallverdú, J., Bennisar, M.L., Blasco, R., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2011). One million years of cultural evolution in a stable environment at Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary Science Reviews* 30, 1396-1412.

Rodríguez-Gómez, G., Rodríguez, J., Martín-González, J. A. y Mateos, A. (2017). “Carnivores and humans during the Early and Middle Pleistocene at Sierra de Atapuerca”. *Quaternary International* 433, 402-14.

Rodríguez-Hidalgo, A., (2015). Dinámicas subsistenciales durante el Pleistoceno Medio en la Sierra de Atapuerca: Los conjuntos arqueológicos de TD10.1 y TD10.2. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. Tesis doctoral.

Rodríguez-Hidalgo, A.; Saladié, P.; Ollé, A. & Carbonell, E. (2015). Hominin subsistence and site function of TD10.1 bone bed level at Gran Dolina site (Atapuerca) during the late Acheulean. *Journal of Quaternary Science*, 30, 679-701.

Rodríguez-Hidalgo, A., Rivals, F., Saladié, P., Carbonell, E. (2016). Season of bison mortality in TD10. 2 bone bed at Gran Dolina site (Atapuerca): integrating tooth eruption, wear, and microwear methods. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 6, 780-789.

Rodríguez-Hidalgo, A.; Saladié, P.; Ollé, A.; Arsuaga, J.L.; Bermúdez de Castro, J.M. & Carbonell, E. (2017). Human predatory behavior and the social implications of communal hunting based on evidence from the TD10.2 bison bone bed at Gran Dolina (Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 105, 89-122.

Rodríguez-Hidalgo, A., Sanz, M., Daura, J., & Sánchez-Marco, A. (2020). Taphonomic criteria for identifying Iberian lynx dens in quaternary deposits. *Scientific reports*, 10(1), 1-17.

Rosas, A., Pérez-González, A., Carbonell, E., van der Made, J., Sánchez, A., Laplana, C., Cuenca-Bescòs, G., Parés, J.M., Huguet, R. (2001). Le gisement pléistocène de la «Sima del Elefante» (Sierra de Atapuerca, Espagne). *L'anthropologie*, 105(2), 301-312.

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), Departament d'Història i Geografia, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. Tesis doctoral.

Rosell, J., Blasco, R., (2008). La presencia de carnívoros en conjuntos antrópicos del Pleistoceno Medio: el caso del nivel TD10-Sup de Gran Dolina (Atapuerca, Burgos) y el nivel XII de la Cova de Bolomor (La Valldigna, Valencia), en: J.C Díez Fernández-Lomana (Ed.), Zooarqueología hoy. Encuentros Hispanos Argentinos, Universidad de Burgos, Burgos.

Rosell, J., Blasco, R., Campeny, G., Díez, J. C., Alcalde, R. A., Menéndez, L., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2011). Bone as a technological raw material at the Gran Dolina site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 61(1), 125-131.

## S

Sala, N., (2012). Tafonomía de los yacimientos kársticos de carnívoros en el Pleistoceno. Facultad de Ciencias geológicas, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid. Tesis doctoral.

Sala, N., Arsuaga, J. L., Haynes, G. (2014). Taphonomic comparison of bone modifications caused by wild and captive wolves (*Canis lupus*). *Quaternary International*, 330, 126-135.

Sala, N., Arsuaga, J. L. (2018). Regarding beasts and humans: a review of taphonomic works with living carnivores. *Quaternary International*, 466, 131-140.

Saladié, P., Huguet, R., Díez, C., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Vallverdú, J., Rosell, J., Bermúdez de Castro, Carbonell, E. (2011). Carcass transport decisions in *Homo antecessor* subsistence strategies. *Journal of Human Evolution*, 61(4), 425-446.

Saladié, P., Huguet, R., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Esteban-Nadal, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2012). Intergroup cannibalism in the European Early Pleistocene: The range expansion and imbalance of power hypotheses. *Journal of Human Evolution* 63, 682-695.

- Saladié, P., Huguet, R., Díez, C., Rodríguez-Hidalgo, A., Carbonell, E. (2013). Taphonomic modifications produced by modern brown bears (*Ursus arctos*). *International Journal of Osteoarchaeology*, 23(1), 13-33.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Cáceres, I., Díez, C., Vallverdú, J., Canals, A., Soto, M., Santander, B., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E. (2014). The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6-2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 93, 47-66.
- Saladié, P., Fernández, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Pineda, A., Cáceres, I., Marín, J., Vallverdú, J., Carbonell, E. (2017). The TD6.3 faunal assemblage of the Gran Dolina site (Atapuerca, Spain): a late Early Pleistocene hyena den. *Historical Biology*, 1 19.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Marín, J., Vallverdú i Poch, J., Carbonell, E. (2018). The top of the Gran Dolina (Atapuerca, Spain) sequence: A zooarchaeological and occupational perspective. *Quaternary Science Reviews*, 195, 48-71.
- Schmidt-Burguer, P., (1982). *Vergleichend morphologische untersuchungen an einzelknochen in zen traleuropa vorkommender mittelgrosser accipitridae. II Becken und hinterextremität*. Universität München. Stuttgart.
- 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.
- Shipman, P. (1981). *Life history of a fossil. An introduction to taphonomy and paleoecology*. Harvard University Press. Cambridge.
- Shipman, P., Rose, J. (1983). Early hominid hunting, butchering, and carcass-processing behaviors: approaches to the fossil record. *Journal of anthropological Archaeology*, 2(1), 57-98.
- Simpson, G. G., 1951: *Horses*. Oxford University Press. New York.
- Smuts, G. L., Anderson, J. L., & Austin, J. C. (1978). Age determination of the African lion (*Panthera leo*). *Journal of Zoology*, 185(1), 115-146.
- Souron, A., Napias, A., Lavidalie, T., Santos, F., Ledevin, R., Castel, J. C., Costamagno, S., Cusimano, D., Drumheller, S., Parkinson, D., Rozada, L., Cochard, D. (2019). A new geometric morphometrics-based shape and size analysis discriminating anthropogenic and non-anthropogenic bone surface modifications of an experimental data set. In *2019 IMEKO*

*TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage  
Florence, Italy, December 4–6.*

Stallibrass, S., Grigson, C., & Clutton-Brock, J. (1984). The distinction between the effects of small carnivores and humans on post-glacial faunal assemblages. *Animals and archaeology*, 4, 259-269.

Stallibrass, S. (1990). Canid damage to animal bones: two current lines of research. *Experimentation and Reconstruction in Environmental Archaeology*. Oxford: Oxbow Books, 151-165.

Steele, T. E., Weaver, T. D. (2002). The modified triangular graph: a refined method for comparing mortality profiles in archaeological samples. *Journal of Archaeological Science*, 29(3), 317-322.

Steward, J. H. (1936). *The economic and social basis of primitive bands*. Bobbs-Merrill.

Steward, J. H. (1938). *Basin-plateau aboriginal sociopolitical groups* (Vol. 120). US Government Printing Office.

Stiner, M. C. (1990). The use of mortality patterns in archaeological studies of hominid predatory adaptations. *Journal of anthropological archaeology*, 9(4), 305-351.

Stiner, M. C. (1991). *Human predators and prey mortality*. Westview press. Boulder, Colorado.

## **T**

Tappen, M. (1995). Savanna ecology and natural bone deposition. *Current Anthropology* 36, 223–260.

Tappen, M., Wrangham, R. (2000). Recognizing hominoid-modified bones: The taphonomy of colobus bones partially digested by free-ranging chimpanzees in the Kibale Forest, Uganda. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 113(2), 217-234.

Tappen, M., Adler, D. S., Ferring, C. R., Gabunia, M., Vekua, A., & Swisher III, C. C. (2002). Akhalkalaki: the taphonomy of an Early Pleistocene locality in the Republic of Georgia. *Journal of Archaeological Science*, 29(12), 1367-1391.

Terradillos-Bernal, M., & Díez-Fernández-Lomana, J. C. (2012). La transition entre les Modes 2 et 3 en Europe: le rapport sur les gisements du Plateau Nord (Péninsule Ibérique). *l'Anthropologie*, 116(3), 348-363.

Thomas, D. H. (1971). On distinguishing natural from cultural bone in archaeological sites. *American Antiquity*, 36(3), 366-371.

## V

Vallverdú i Poch, J. (2017). Soil-stratigraphy in the cave entrance deposits of Middle Pleistocene age at the Trinchera del Ferrocarril sites (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary International* 433, 199-210.

Varela, S., Rodríguez, J. (2004). Atlas osteológico, carnívoros ibéricos. *MNCN, Madrid*.

Villa, P., Mahieu, E. (1991). Breakage patterns of human long bones. *Journal of human evolution*, 21(1), 27-48.

Vollmerhaus, B., Roos, H., GADs, H., KNos, C. (2003). Zur Phylogenie, Form und Funktion der Dentes canini des Pferdes. *Anat. Histol. Embryol*, 32, 212-217.

## W

Węgrzyn, M., & Serwatka, S. (1984). Bisoniana LXXXII. Teeth eruption in the European bison. *Acta Theriologica*, 29(9), 111-121.

White, J.A., McDonald, H.G., Anderson, E. & Soiset, J.M. (1984). Lava blisters as carnivore traps. Special Publication, *Carnegie Museum of Natural History*, 8, 241-256.

## Y

Yravedra, J., Andrés, M., Domínguez-Rodrigo, M. (2014). A taphonomic study of the African wild dog (*Lycaon pictus*). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6(2), 113-124.