



Universitat Rovira i Virgili

Departament d'Història i Història de l'Art

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



Tesis de Master:

**Estudio tafonómico del conjunto avifaunístico
del nivel TE9-d de Sima del Elefante
(Atapuerca, Burgos).**

Mario Marqueta Madrid

Director/s: Rosa Huguet Pàmies

Curso académico 2020/2021



AGRADECIMIENTOS

Ya han pasado dos años de Máster y resulta complicado hacer memoria de todo. La pandemia ha sido una gran piedra en el camino pero eso no ha detenido nuestro viaje. La elaboración de esta tesina se la quiero dedicar principalmente a una persona, mi tía Pili, que hoy, hace cosa de un año, nos dejó. Me recibiste en tu casa de Tarragona con los brazos abiertos y los dos sabemos que ese año que vivimos juntos fue un regalo para ambos.

Quiero agradecerles también a mi padre y a mi tía Rosa su apoyo incondicional y su entusiasmo desde que empecé la carrera de arqueología. Aunque ahora nuestra familia sea un poco más pequeña, eso no quita lo mucho que nos queremos y apoyamos entre los tres.

A ti Nerea, que siempre has estado ahí en todo momento, además, mimándome con regalos relacionados con pájaros en reyes o acompañándome a avistar o anillar aves con la más grande de las sonrisas. Me hace muy feliz el poder compartir parte de mi pasión por los animales, la arqueología y la naturaleza contigo.

A los amigos y amigas que he conocido en Tarragona, compañeros de Máster y de excavaciones como Santi, Marco, Júlia, Francesc, Maria, Alexa, Noé, Paula y demás colegas del IPHES. Vine con cierta incertidumbre a Tarragona, pero vosotros conseguisteis que me sintiera como en casa, teniendo a amigos viviendo a escasos minutos de mi portal (¡impensable viniendo de Barcelona!). Fue en Tarragona donde mi bisabuela y toda su familia decidió quedarse y vivió por casi 100 años; ahora, me toca a mí coger el relevo como nuevo tarraconense.

Por último pero para nada menos importante, agradecerte a ti, Rosa, la confianza desde el primer momento, incluso antes de que llegara a Tarragona. Me considero verdaderamente afortunado por haber podido estudiar unos materiales tan interesantes de un yacimiento como Sima del Elefante y quiero agradecer al Equipo investigador de Atapuerca la confianza depositada en mí, así como su trabajo de años en la excavación de los fósiles estudiados. Excavar allí en 2019 me permitió valorar de primera mano la relevancia del lugar y las maravillas que encontramos; ya sabes que incluso el hueso más pequeño de pigargo (que no águila pescadora...) ya supone un soplo de alegría para mí. Aparte de todo esto, también te tengo que agradecer tu apoyo y sobretodo tu paciencia y calma, ¡que en determinados momentos han sido muy necesarios!

No puedo olvidarme igualmente de la gente del IPHES, que tanto me ha enseñado en los últimos años. Gracias especialmente a toda la UCO de Zooarqueología y tafonomía que siempre están ahí para echar una mano cuando lo necesitas y para darte los toques de atención que necesitas. También quiero agradecer a Maria Dolors Guillen por las excelentes fotos del material, ¡sin olvidar los fantásticos diseños de portada! Y a Lena Asryan toda la ayuda brindada con el Hirox. Finalmente, a Javier Quesada por ofrecerme la oportunidad de consultar la colección de aves del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

RESUMEN

Las acumulaciones de aves pueden encontrarse en yacimientos arqueológicos a lo largo del Pleistoceno. El papel de la tafonomía es clave para entender cómo se formaron este tipo de conjuntos. Estas acumulaciones las pueden generar varios agentes, como por ejemplo los grupos humanos, animales y las muertes naturales. El objetivo de este estudio es caracterizar y determinar el origen del conjunto avifaunístico del nivel TE9-d de Sima del Elefante, con tal de determinar si los grupos humanos participaron en la acumulación de dichos restos. En los resultados de este trabajo se observa como los córvidos son el taxón más abundante. Los resultados tafonómicos inciden en como las aves rapaces fueron los principales agentes acumuladores de restos de ave en el yacimiento. La presencia de modificaciones como marcas de pico, así como diferentes grados de digestión refuerzan la idea de la actuación tanto rapaces diurnas como nocturnas. Desde esta perspectiva, estos resultados pueden considerarse una nueva contribución a la discusión sobre el origen de las acumulaciones avifaunísticas en contextos arqueológicos pleistocenos.

Palabras clave: Tafonomía, Pleistoceno inferior, Acumulaciones de aves, Sima del Elefante, Rapaces

ABSTRACT

Avian assemblages can be found in archaeological sites throughout the Pleistocene. The role of taphonomy is key to understanding how such assemblages were formed. These accumulations can be generated by several agents, such as human groups, animals and natural deaths. The aim of this study is to characterise and determine the origin of the avifaunal assemblage from the TE9-d level of Sima del Elefante, in order to determine whether human groups were involved in the accumulation of these remains. The results of this work show that corvids are the most abundant taxon. The taphonomic results show that birds of prey were the main accumulators of bird remains at the site. The presence of modifications such as beak marks and different degrees of digestion reinforce the idea that both diurnal and nocturnal raptors were involved in the accumulation. From this perspective, these results can be considered a new contribution to the discussion on the origin of the avifaunal accumulations in Pleistocene archaeological contexts.

Key-words: Taphonomy, Lower Pleistocene, Bird accumulations, Sima del Elefante, Raptor.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMÁTICA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
2.1 Hipótesis de partida	3
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Tipos de acumulaciones avifaunísticas	6
3.1.1 Origen antrópico	6
3.1.2 Origen no-humano: aves	7
3.1.3 Origen no-humano: carnívoros	7
3.2 Avifauna y reconstrucción paleoambiental	8
3.3 Acumulaciones avifaunísticas pleistocénicas	8
3.3.1 Pleistoceno Inferior	9
3.3.2 Pleistoceno Medio	9
3.3.3 Pleistoceno Superior	9
3.4 Estudios avifaunísticos neo-tafonómicos	11
4. SIMA DEL ELEFANTE	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1 Material estudiado	17
5.2 Métodos	17
5.2.1 Taxonomía	17
5.2.2 Tallas de peso	17
5.2.3 Anatomía	18
5.2.4 Edades	19
5.3 Cuantificación	20
5.3.1 NR	20
5.3.2 NISP	20
5.3.3 NME	20
5.3.4 NMI	21
5.3.5 %AR	21
5.3.6 MAU y %MAU	21
5.3.7 Ratios	22

5.4 Fragmentación	23
5.5 Alteraciones sobre la superficie de los huesos	24
5.5.1 Modificaciones por aves	25
5.5.2 Modificaciones postdeposicionales	27
5.6 Etología de aves	30
5.6.1 Halcón peregrino (<i>Falco peregrinus</i>)	31
5.6.2 Cernícalo vulgar (<i>Falco tinnunculus</i>)	31
5.6.3 Águila real (<i>Aquila chrysaetos</i>)	32
5.6.4 Águila imperial (<i>Aquila heliaca/adalberti</i>)	33
5.6.5 Águila perdicera (<i>Aquila fasciata</i>)	33
5.6.6 Pigargo europeo (<i>Haliaeetus albicilla</i>)	35
5.6.7 Búho real (<i>Bubo bubo</i>)	36
5.6.8 Búho chico (<i>Asio otus</i>)	37
5.6.9 Cárabo común (<i>Strix aluco</i>)	37
5.6 Etología de carnívoros	38
6. RESULTADOS	39
6.1 Representación taxonómica y anatómica	39
6.2 Edades	41
6.3 Tallas de peso	41
6.4 Integridad de la muestra	45
6.4.1 %MAU	45
6.4.2 Abundancia Relativa (%)	47
6.5 Fragmentación de los restos	51
6.6 Modificaciones en la superficie de los huesos	52
6.6.1 Modificaciones por predador	52
6.6.1.1 Digestión	53
6.6.1.2 Marcas de pico	55
6.6.2 Patologías	65
6.6.3 Modificaciones Postdeposicionales	65
6.6.4 Otras modificaciones	68

7. DISCUSIÓN	70
7.1 Caracterización de la acumulación	70
7.2 Agentes acumuladores	73
7.2.1 Rapaces diurnas	73
7.2.2 Rapaces nocturnas	75
7.2.3. Acumulaciones naturales	77
7.2.4. Comparación con otros yacimientos	78
7.3 Paleoambiente y correlación con estudios previos	82
7.4 Comparación de yacimientos	84
8. CONCLUSIONES	86
9. PERSPECTIVAS DE FUTURO	88
10. BIBLIOGRAFÍA	90
11. ANEXOS	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tallas de peso de aves identificadas en Sima del Elefante.	18
Tabla 2. Tres de los grupos definidos por Bochenski y Nekrasov (2001) asociados a diferentes tipos de rapaces, teniendo en cuenta los resultados de los ratios de elementos “proximal vs distal”. (*: restos no digeridos por águilas reales (<i>Aquila chrysaetos</i>)).	23
Tabla 3. Grados de digestión (izq.) y su descripción (der.) sobre restos de lepóridos. (Fuente: Lloveras <i>et al.</i> , 2014:151: Modificado).	27
Tabla 4. Grados y descripción de redondeamiento y pulido producidos por abrasión hídrica. (Fuente: Cáceres, 2002: 74).	29
Tabla 5. Nomenclatura de distribución de las alteraciones por manganeso, concreciones y raíces.	29
Tabla 6. Valores de NISP, NME y NMI por taxones. Leyenda: CRA – cráneo; CUA – cuadrado; MAN – mandíbula; VER – vértebra; COS – costilla; EST- esternón; FU -fúrcula; CO – coracoides; ESC – escápula; HU – húmero; UL – ulna; RA – radio; CU – cuneiforme; ES – escafolunar; CMC – carpometacarpo; PE – pelvis; FE – fémur; TBT – tibiotarso; FI – fíbula; TMT- tarsometatarso; FA ANT – falanges anteriores; FA POST – falanges posteriores; GA- garra.	39
Tabla 7. Valores de NISP, NME y NMI por taxones identificados dentro del grupo <i>Accipitridae</i> .	41
Tabla 8. Valores de NISP, NME y NMI por tallas de peso.	42
Tabla 9. Ratios esqueléticas por tallas de peso.	43
Tabla 10. Valores de MAU y %MAU por tallas de peso.	46
Tabla 11. Valores de Abundancia Relativa % por taxones.	47
Tabla 12. Valores de abundancia relativa (%) por tallas de peso.	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Garras de águilas con marcas de corte encontradas en yacimientos musterienses de Europa (Fuente: Romandini *et al.*, 2014). 7
- Figura 2. Perfil topográfico de Sima del Elefante (Fuente: Huguet *et al.*, 2017). 14
- Figura 3. Vista del nivel TE9-c de Sima del Elefante donde se observa la pendiente del paquete sedimentario (Fuente: Huguet *et al.*, 2017: Modificado). 15
- Figura 4. Representación de una graja (*Corvus frugilegus*) donde se muestran las diferentes partes anatómicas. 18
- Figura 5. Húmeros de gallina donde se aprecia el interior de un hueso normal (a) y uno con la cavidad rellena de hueso medular (b) (Fuente: Whitehead, 2004). 20
- Figura 6. Tipos de fracturas en diáfisis de dos húmeros distintos de córvidos: fractura moderna (izquierda) y fractura antigua (derecha). 24
- Figura 7. Comparación de modificaciones por carnívoro y rapaz: depresiones y perforaciones realizadas por lobo, observadas sobre el húmero izquierdo de buitre leonado (A). (Fuente: Rufà y Laroulandie, 2020: 132: Modificado). Perforación y picoteo sobre un coracoides de córvido (B) y depresión por pico sobre un tibiotarso de córvido (C), realizadas por ave. 26
- Figura 8. Ejemplos de alteración por digestión en huesos de aves. Izquierda: fémur de Pteroclididae con un grado moderado de digestión. Derecha: falange de taxón indeterminado con un grado extremo de digestión. (Fuente: Lloveras *et al.*, 2020a: Modificado). 27
- Figura 9. Marcas de roedores sobre huesos largos de ave, y sobre una ulna proximal de pigargo (Fuente: Núñez-Lahuerta *et al.*, 2021: Modificado). 28
- Figura 10. Marcas de pico sobre húmeros de colúmbidos realizadas por halcón peregrino (Fuente: Laroulandie, 2002). 31
- Figura 11. Perforación de huesos realizada por el águila real. A - parte anterior del esternón de un galliforme, con un agujero en la base de la *carina sterni*; B - esternón largo pero estrecho de un galliforme, con un agujero en la base de la *carina sterni*; C - esternón completo de un galliforme, con agujeros en la *carina sterni*; D - fragmento de pelvis de un galliforme, con varios agujeros. (Fuente: Bochenski *et al.*, 2009: 127). 32
- Figura 12. Huesos de ave con marcas de pico realizadas por águila perdicera (A-F) y daños por digestión con corrosión extensa (G: fuerte, H: fuerte, I: extremo, J: extremo, K: extremo, L: fuerte) producidos por águila perdicera. (Fuente: Lloveras *et al.*, 2014c: 467). 34

Figura 13. Perforación de huesos realizada por pigargo. A - esternón casi completo de *Mergus*, con agujeros en el *corpus* y la *crista sterni*; B - parte anterior del esternón de *Mergus* con un agujero en el lado izquierdo del *corpus sterni*; C - esternón casi completo de un pato, con varios agujeros en el *corpus sterni*; D - pelvis de un anseriforme, con agujeros en ambas ala *preacetabularis ilii*; E - pelvis de un anseriforme, con un agujero encima del *antitrocánter*. (Fuente: Bochenski *et al.*, 2009: 126). 35

Figura 14. Modificaciones observadas en huesos de presas de diferentes tamaños en Saint-Vincent-la-Commanderie, incluyendo depresiones y perforaciones (a), bordes crenulados (a8, c, d4) y alteraciones por digestión (b, d). a1/a2 y a3/a4: húmeros proximales de *Columba sp.*; a5/a6: coracoides de *Columba sp.* a7: húmero proximal de *Asio otus*; a8: húmero distal de un Strigiforme indeterminado, a9: ulna proximal de *Tyto alba*; b) carpometacarpos (b1, b2) y húmero (b3) de *Apus apus*; c) carpometacarpo de *Columba sp.* (d) húmero (d1, d2, d3/d4), carpometacarpo (d5, d6) y tibiotarso (d7) de *Columba sp.* (Fuente: Rufà y Laroulandie, 2019: 7). 36

Figura 15. Número Mínimo de Elementos (NME) por tallas de peso. 43

Figura 16. Representación del % de MAU por rangos y tallas de peso. 45

Figura 17. Gráfico de Abundancia Relativa (%) por tallas de peso. 49

Figura 18. Valores de %AR de todos los individuos por tallas de peso. 50

Figura 19. Porcentajes, en rangos de medidas, de restos completos y con fractura antigua por tallas de peso. 51

Figura 20. Porcentaje de restos completos y con fractura antigua, clasificados por rangos en mm. 52

Figura 21. Total de restos con diferentes grados de digestión repartidos por tallas de peso. 53

Figura 22. Alteraciones de diversos grados por digestión. A: grado ligero en epífisis proximal de ulna de talla pequeña; B: grado moderado en epífisis distal de fémur de talla pequeña; C: grado moderado en epífisis distal de ulna de talla pequeña; D: grado moderado en metáfisis proximal de coracoides de talla media; E: grado fuerte en mandíbula de talla media. 54

Figura 23. Total de restos digeridos por elemento anatómico y talla de peso. 55

Figura 24. Total de marcas de pico por elemento anatómico y talla de peso. 56

Figura 25. Total de marcas de pico por elemento y parte anatómica. 57

Figura 26. Total de perforaciones divididas entre elementos anatómicos y tallas de peso. 59

Figura 27. Total de depresiones generadas por pico por elemento anatómico y talla de peso. 60

Figura 28. Total de evidencias de picoteo por elemento anatómico y talla de peso.	60
Figura 29. Modificaciones por pico en aves de talla media. A: perforación en epífisis distal de húmero; B: depresiones en diáfisis de tibiotarso; C: picoteo en epífisis proximal de coracoides; D: perforación en cuerpo vertebral de vértebra; E: picoteo y arrastres en epífisis proximal de tarsometatarso.	61
Figura 30. Total de arrastres por elemento anatómico y talla de peso.	62
Figura 31. Total de restos con arrastres por elemento y parte anatómica.	63
Figura 32. Arrastres y levantamientos en diferentes elementos de talla media. A: arrastres en diáfisis de radio; B: Levantamientos en metáfisis distal de fémur; C1: levantamientos y perforación de pico en epífisis proximal de húmero; C2: arrastres.	63
Figura 33. Total de levantamientos por elemento anatómico y talla de peso.	64
Figura 34. Total de restos con levantamientos por elemento y parte anatómica.	65
Figura 35: Alteración por flores en diáfisis de tibiotarso (A) y diáfisis de tarsometatarso de talla media (B); modificaciones por roedores en diáfisis de fémur (C) y epífisis proximal de ulna de talla media (D); patologías en epífisis proximal de radio de talla grande (E) y diáfisis de ulna de talla media (F); comparación de sección de diáfisis con sobreosificación del canal medular en ulna (G) y una sección normal de talla media (H).	69
Figura 36. Tipos de acumulación de manganeso y concreciones expresados en porcentajes.	66
Figura 37. Tipos de pulidos en porcentajes.	66
Figura 38. Tipos de redondeamiento en porcentajes.	67
Figura 39. Total de restos que presentan pulidos y redondeados, clasificados por tipos.	67
Figura 40. Tipos de agrietamientos representados en porcentajes.	68
Figura 41. Marcas de tramplling por tallas de peso.	68
Figura 42. Elementos del ala y patas de un córvido en conexión anatómica con trazas de manganeso.	73
Figura 43. Acumulaciones de diversos tipos de restos vegetales, óseos y plumas de un nido de chova piquigualda (<i>Pyrrhocorax graculus</i>) en el exterior (izquierda) e interior (derecha) de una cavidad (Fuente: Laroulandie, 2010: Modificado).	78

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo corresponde a la parte escrita del Trabajo Final de Máster del Máster de Arqueología del Cuaternario y Evolución Humana (*Erasmus Mundus*). Siguiendo la normativa evaluadora, con este escrito se pretende optar a los 36 créditos ofrecidos por la Universitat Rovira i Virgili.

En este apartado introductorio se presenta la estructura del trabajo.

En el segundo capítulo se realiza una breve presentación del estudio, así como los objetivos e hipótesis planteadas.

Le sigue el tercer capítulo con el marco teórico, en el que se profundizará sobre las características de las acumulaciones de aves en yacimientos arqueológicos, así como las dificultades epistemológicas de las mismas.

Con todos estos conceptos ya expuestos, en el capítulo 4 se presentará el yacimiento al que pertenece la muestra estudiada, Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca). La intención de este capítulo es aportar un contexto arqueológico básico que permita comprender la formación del depósito.

En el quinto capítulo se presentará el material estudiado, así como una descripción detallada de la metodología de análisis. Al final de este apartado metodológico se aportarán conceptos etológicos básicos de distintas aves para poder comprender mejor la acumulación estudiada.

En el capítulo seis presentamos los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos a partir del estudio zooarqueológico y tafonómico de la muestra. En este apartado se ordenarán los resultados, empezando con la representación taxonómica, seguido de los valores y ratios anatómicas y por último los resultados tafonómicos.

En el capítulo siete se discutirán los resultados obtenidos y presentados en el capítulo anterior. En este apartado se realizará la caracterización general de la muestra, se discutirá su origen y agentes que han participado en la acumulación, se comparará con otros tipos de acumulaciones y yacimientos arqueológicos de distintas cronologías dentro del Pleistoceno.

En el capítulo 8 expondremos las conclusiones del trabajo y en el número 9 las perspectivas de futuro profundizando en aquellos otros aspectos que se podrían resolver con la realización de una tesis doctoral.

Por último, en el capítulo 10 se recoge toda la bibliografía citada en el texto. El 11 consta de un anexo donde se incluye el póster presentado en congreso *10th Meeting of the ICAZ Bird Working Group*. En este póster se recopilan los resultados del presente trabajo.

2. PROBLEMÁTICA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

En el yacimiento de Sima del Elefante se ha documentado la mayor acumulación de restos de avifauna de toda la Sierra de Atapuerca. Muchos de estos restos se han recuperado en conexión anatómica y presentan modificaciones realizadas por rapaces o carnívoros, aunque en algún caso se ha identificado la acción antrópica sobre ellos (Huguet 2007; Huguet *et al.*, 2013).

En el nivel TE9d los restos de ave representan más del 60% del total de restos fósiles recuperados. Las evidencias de actividad antrópica documentadas en este subnivel a partir de registro lítico (de Lombera-Hermida *et al.*, 2015) nos ha planteado la problemática de determinar si los grupos de homínidos que habitaron en la Sierra de Atapuerca durante la formación del nivel TE9d actuaron sobre los restos de ave recuperados en este conjunto.

El objetivo principal de este estudio consiste en caracterizar la acumulación de avifauna del nivel TE9d de Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca). A partir del estudio zooarqueológico y tafonómico de los restos se pretende determinar el origen de la acumulación así como diferenciar los agentes que actuaron sobre la misma.

De este objetivo principal surgen tres secundarios:

1. Determinar la relación entre los grupos de homínidos, cuya actividad antrópica se ha registrado en el nivel TE9d, y el conjunto de avifauna.
2. Identificar, a partir de su papel como posible agente acumulador de aves, la presencia de aves rapaces diurnas/nocturnas y carnívoros en el medio.
3. Aportar datos paleoecológicos teniendo en cuenta los taxones de aves identificados a partir de los restos fósiles recuperados, así como la identificación de sus predadores. A partir de estos datos podremos conocer mejor el medio en el que vivían los homínidos que habitaron la Sierra de Atapuerca hace 1,2 Ma.

2.1 Hipótesis de partida

La presencia de diferentes aves rapaces identificadas en el nivel TE9 de la Sima del Elefante (Rosas *et al.*, 2004; Huguet, 2007; Huguet *et al.*, 2017; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2016), junto con modificaciones por carnívoros documentados en restos de otros grupos taxonómicos de pequeño tamaño (Huguet, 2007; Huguet *et al.*, 2013, 2017) nos hace partir de la hipótesis que la acumulación estudiada es fruto de la acción de diferentes agentes predadores no humanos. Sin embargo, no podemos descartar la acción puntual de

los homínidos sobre las aves recuperadas en el yacimiento como ya se ha planteado en trabajos anteriores (Huguet, 2007, Huguet *et al.*, 2013).

3. MARCO TEÓRICO

La zooarqueología es la disciplina que se encarga de estudiar las relaciones entre animales y humanos. A partir de la anatomía comparada, la osteometría, la estratigrafía y la tafonomía se consiguen entender diversos aspectos relacionados con los grupos humanos del pasado (Reitz y Wing, 1999). Algunos de estos aspectos son la obtención de los recursos, el control del territorio, la cohesión social del grupo, la domesticación, dieta, los usos simbólicos o culturales o bien las manifestaciones artísticas (Fernández-Lomana, 1993; Chaix y Méniel, 2005). La zooarqueología puede analizar conjuntos de cualquier zona geográfica y/o periodo histórico, yendo desde las primeras evidencias antrópicas hasta época contemporánea.

Si bien las bases de la zooarqueología ya estaban asentadas a final del siglo XX, muchos de los estudios (sobre todo realizados en periodos históricos) resultaban ser únicamente listados de especies y partes anatómicas (Blay, 1992). La tafonomía ha supuesto una disciplina que ha favorecido en gran medida los análisis de restos faunísticos. Fue definida por Efremov (1940) como la disciplina que se encarga de estudiar los procesos de fosilización de los restos. Aplicada a los restos faunísticos, con el estudio de las marcas sobre la superficie de los huesos, en algunas ocasiones se puede llegar a conocer el agente acumulador, es decir, si el resto se acumuló de forma natural, por acción antrópica o animal. También se pueden diferenciar métodos de consumo, acceso primario o secundario, incluso discernir entre ocupaciones humanas y no humanas dentro de los yacimientos. Esta disciplina acabó de asentarse durante los años 90, con la obra de Lyman, R. L. (1994) “Vertebrate Taphonomy” como principal referencia.

Centrándonos más en la disciplina de la avifauna, el concepto de “ornitoarqueología” surgió durante el *International Council of Archaeozoology* (ICAZ) celebrado en Madrid en 1992. Fue el *Bird Remains Working Group* (BRWG) el que decidió nombrar así esta disciplina. Como parte de la zooarqueología, la ornitoarqueología se centra en estudiar los restos avifaunísticos (donde se incluyen huesos, cáscaras de huevo o plumas), así como las manifestaciones artísticas y comprender las diferentes relaciones que pudieron tener los seres humanos y aves (Boev, 1997). Es decir, comparte la misma base de estudio que la zooarqueología, solo que únicamente aplicada a las aves. Además, la ornitoarqueología también tiene en cuenta la reconstrucción paleoambiental a partir de las especies encontradas (práctica que proviene directamente de la paleontología).

3.1 Tipos de acumulaciones avifaunísticas

Buena parte de los yacimientos con depósitos pleistocénicos con restos faunísticos se encuentran en cavidades kársticas o abrigos; también se encuentran yacimientos al aire libre, pero los grados de conservación son mucho más inferiores. Estos lugares, con unas condiciones atmosféricas muy estables, contribuyen positivamente a la conservación del registro óseo. Hay que añadir que estas cavidades suelen ser frecuentadas por carnívoros, humanos e incluso aves. El resultado de la ocupación continuada de estos agentes puede generar palimpsestos de restos óseos o líticos a lo largo de una misma superficie (Rufà, 2017). La tafonomía es una disciplina clave para poder discernir el origen de la acumulación material en un yacimiento. Se ha observado como las acumulaciones de restos de aves pueden ser fruto de diversos agentes acumuladores. De hecho, muchos de los estudios realizados corroboran que los patrones de acumulación de cada agente no son tan distintos entre ellos (Mourer-Chauviré, 1983; Lloveras *et al.*, 2020a). Esto comporta ciertas dificultades a la hora de estudiar este tipo de restos. Seguidamente se realizará una aproximación a las distintas acumulaciones avifaunísticas en yacimientos arqueológicos dependiendo del agente que las ha producido.

3.1.1 Origen antrópico

Empezando con las acumulaciones de origen antrópico, se ha observado como las acumulaciones avifaunísticas pueden responder a distintas finalidades, como por ejemplo: consumo, simbolismo u ornamentación y tecnología (Laroulandie, 2002; Rufà *et al.*, 2016a; Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2019; Lloveras *et al.*, 2020a). Aunque las propias marcas resultado de actividad antrópica no se pueden asociar a finalidades específicas por sí mismas, su localización dentro del esqueleto del ave ayuda a acotar comportamientos. Por ejemplo, la localización de marcas de corte en partes ricas en carne como el esternón, fémur o húmero se puede asociar a finalidades de consumo (Mourer-Chauviré, 1983). En contextos pleistocenos, especies como anátidas, fasiánidos, colúmbidos y pequeños córvidos suelen ser las más consumidas por los grupos humanos (Lloveras y Nadal, 2020). De todas formas, en algunos yacimientos también se ha evidenciado el consumo de aves rapaces (Laroulandie, 2005). La localización de marcas de corte en elementos como la ulna, tarsometatarso, falanges posteriores o garras suele relacionarse a la extracción de plumas, falanges o garras con finalidades simbólicas. En varios yacimientos del Pleistoceno medio y superior se han documentado estos usos, la mayor parte de las veces relacionados con ornamentación (Figura 1) (Blasco *et al.*, 2019; Laroulandie *et al.*, 2020;

Morin y Laroulandie, 2012; Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2019; Romandini *et al.*, 2014). Respecto a usos tecnológicos, la oquedad interior de los huesos de aves los hace idóneos para manufacturar varios tipos de útiles. Uno de los usos más populares es la fabricación de instrumentos musicales como flautas con ulnas de aves de tallas grandes como buitres, grullas o cisnes (García y Menéndez, 1998; Mannermaa y Rainio, 2020). También se han documentado tubos decorados y agujas (Vilette, 1983, 1999).



Figura 1: Garras de águilas con marcas de corte encontradas en yacimientos musterienses de Europa (Fuente: Romandini *et al.*, 2014).

3.1.2 Origen no-humano: aves

Siguiendo con las acumulaciones por depredadores no-humanos, ya se ha comentado como otros animales también suelen frecuentar cavidades y abrigo y como pueden acumular restos avifaunísticos. Aves como algunas especies de córvidos, colúmbidos o rapaces diurnas y nocturnas suelen escoger cavidades para anidar y alimentarse (Laroulandie, 2010; Svensson *et al.*, 2010; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2016; Rufà *et al.*, 2016a; Lloveras *et al.*, 2018a, 2018b, 2020a; Ollé y Travalon, 2019). Los restos consumidos, así como egagrópilas, tienden a acumularse en el suelo a lo largo de sus periodos de ocupación. Este cúmulo de huesos por parte de aves suele generar una capa de restos acumulados a lo largo de un determinado periodo temporal. Esta superposición de evidencias materiales de ocupación se conocen como palimpsesto (Rufà, 2017). La capacidad de discernir entre distintas dinámicas ocupacionales es una labor clave, que solo se consigue con el apoyo de los estudios etológicos actualistas.

3.1.3 Origen no-humano: carnívoros

Con los carnívoros sucede lo mismo que con las rapaces. Algunos de ellos como zorros o linceas suelen usar cavidades como madrigueras, donde van acumulando los huesos de aquellas presas que cazan (Delibes, 1980; Rodríguez y Delibes, 1990; Maylle *et al.*, 2008;

Krajcarz y Krajcarz, 2014; Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2016). El caso del lince es uno de los más estudiados; se trata de un carnívoro que dependiendo de las condiciones ambientales, se puede llegar a alimentar más de aves que de lepóridos. De todas formas, como se ha mencionado previamente, estas acumulaciones suelen estar mezcladas con las que producen otros agentes y ocupaciones. Por ende, también es necesario fomentar y recurrir a los estudios actualistas para ayudar a comprender cada tipo de acumulación.

Por último, la propia muerte natural de las aves también puede generar acumulaciones. Recordando como diversas especies de aves pueden anidar en cavidades o paredes rocosas, es común que se acumulen esqueletos de individuos inmaduros o cáscaras de huevo (Laroulandie, 2010).

3.2 Avifauna y reconstrucción paleoambiental

En el caso de las aves, a partir de la taxonomía y la ecología se puede realizar una reconstrucción paleoambiental. Aunque hay muchas especies ubiquistas que se han adaptado a la perfección a diferentes biotopos, hay otras que requieren aspectos climáticos y paisajísticos concretos. Es el caso de ambientes acuáticos (*Haliaeetus albicilla*, *Anas platyrhynchos*, *Gallinago gallinago*), espacios abiertos (*Falco peregrinus*, *Falco rusticolus*, *Lagopus mutus*, *Tetrax tetrax*) o incluso de zonas con cierta altitud (*Montifrigilla nivalis*, *Pyrrhocorax graculus*) (Mourer-Chauviré, 1975; Holm y Svenning, 2014; Rufà, 2017). La presencia de determinadas especies en los conjuntos avifaunísticos ayuda a comprender el paleoambiente que rodeaba el yacimiento en el momento en el que fueron depositadas (Sánchez Marco, 2004, 2005; Lloveras *et al.*, 2020a, 2020b).

3.3 Acumulaciones avifaunísticas pleistocénicas

Desde una perspectiva cronológica, se puede apreciar como a lo largo del Pleistoceno hay ciertos patrones que se repiten en cuanto al origen de las acumulaciones avifaunísticas en yacimientos arqueológicos (Laroulandie, 2000, 2002; Rufà, 2017; Laroulandie *et al.*, 2020). Durante el Pleistoceno inferior, se observa como la aportación antrópica de restos de ave es muy escasa y puntual, mientras que las acumulaciones naturales son más frecuentes. A partir de Pleistoceno medio, el total de aportaciones antrópicas empieza a ser más frecuente. De todas formas, las aportaciones naturales de aves se siguen manteniendo y llegan a mezclarse con aquellos restos de ocupaciones humanas. Por último, durante el Pleistoceno superior las aportaciones antrópicas suben notablemente.

A partir de este punto, las aves, consideradas como “pequeñas presas”, empiezan a jugar un papel más importante en la dieta de los humanos anatómicamente modernos junto con los lepóridos. Además, la extracción de elementos como plumas o garras se vuelve un factor simbólico recurrente en muchos yacimientos a lo largo de toda Europa.

3.3.1 Pleistoceno Inferior

Empezando con los yacimientos de Pleistoceno inferior, hay que destacar dos conjuntos que han presentan las aportaciones antrópicas de aves más antiguas de Europa. En primer lugar se encontraría un radio con una marca de corte en el nivel TE9a del yacimiento del presente estudio, Sima del Elefante (1,2 Ma) (Huguet, 2007). El otro caso se encuentra en el yacimiento de Dursunlu, al sur de Turquía, con una cronología de 780 ka atribuida al subcron Matuyama. El autor menciona la presencia de una “casi segura” marca de corte sobre un tarsometatarso de ave de talla grande (Güleç, 2009). Esta afirmación, sumada a la falta de aportación gráfica, comporta que haya que considerar esta evidencia con cierta precaución, a la espera de que en un futuro se aporte más información. Por lo que respecta a otros yacimientos con conjuntos avifaunísticos en estas cronologías, algunos de los más destacados son los yacimientos de cueva como Gran Dolina TD6 (Sierra de Atapuerca), Victoria (Murcia), Quibas (Murcia) o Ubeidiya (Israel), Pirro Nord (Italia) ordenadas del más reciente al más antiguo (Louchart *et al.*, 1998; Tyrberg, 1998; Montoya *et al.*, 1999; Sánchez-Marco, 1999c, 2004; Arzarello *et al.*, 2007). Pese a que no se han realizado análisis tafonómicos exhaustivos de estos conjuntos, los listados taxonómicos han ayudado a recrear los paleoambientes de cada zona (Sánchez-Marco, 2004). De hecho son muy pocos los conjuntos avifaunísticos de Pleistoceno inferior que se han estudiado desde una perspectiva tafonómica. Esto se debe a que la disciplina tafonómica aplicada a las pequeñas presas como las aves no se empezó a popularizar hasta la primera década de los 2000, donde hasta entonces, únicamente se obtenía la información anatómica, taxonómica y paleoambiental.

3.3.2 Pleistoceno Medio

Los estudios tafonómicos sobre conjuntos de aves en yacimientos del Pleistoceno medio son más abundantes, por tanto, se puede incidir de forma más precisa en los responsables de las acumulaciones avifaunísticas. La acumulación de aves de Arago (Tautavel, Francia) enmarcada entre MIS 14-12, fue propuesta como resultado de aportaciones de búhos, entre los que se encontraba el búho real. Esta hipótesis se realizó únicamente a

partir de la representación anatómica (Desclaux, 1992). Otro yacimiento que ha aportado datos interesantes es la Cova del Bolomor (Valencia). Los estudios tafonómicos realizados indican que los grupos humanos fueron los principales agentes acumuladores de las aves, dentro de un conjunto mixto en el que también participaron carnívoros y rapaces. Las especies de aves más consumidas por los grupos humanos son los anátidas, seguidas de colúmbidos y fasiánidos (Blasco *et al.*, 2013). De hecho, estas tres especies se convierten en las más consumidas dentro de las aportaciones antrópicas durante el Pleistoceno medio y superior. Estos conjuntos mixtos se observan en otros yacimientos como el nivel TD10 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca) (Blasco, 2011; Blasco *et al.*, 2013; Rodríguez-Hidalgo, 2015) o Lazaret (Francia) (Lumley *et al.*, 2004; Roger, 2004). En ambos yacimientos predominan las aportaciones por depredadores no-humanos ya sean por rapaces o carnívoros, frente a las antrópicas, mucho más puntuales. Un conjunto particular de estas cronologías es el yacimiento de Torralba y Ambrona. Su particularidad reside en que es un yacimiento al aire libre en el que se han podido recuperar restos de avifauna, principalmente aves acuáticas (Sánchez-Marco, 1999b, 2004). Hay que tener en cuenta que el grado de conservación en este tipo de yacimientos es mucho peor comparado con los conjuntos de cavidades kársticas. En este caso, faltan estudios más concretos con los que se pueda determinar el origen de estos restos en el yacimiento. Por último, se encuentra el conjunto avifaunístico del yacimiento de Galería (Sierra de Atapuerca). Esto no hace más que demostrar como el complejo kárstico de la Sierra de Atapuerca, a lo largo del tiempo, fue un lugar que las aves habitaron con mucha frecuencia. Las especies identificadas, igual que las de Sima del Elefante, evidencian la presencia de zonas húmedas, abiertas y con algunas masas de bosques (Sánchez-Marco, 1999a, 2004).

3.3.2 Pleistoceno Superior

Siguiendo con los yacimientos de Pleistoceno superior, como ya se ha mencionado antes, se puede observar cómo aumentan las aportaciones antrópicas. Es el caso de algunos de los más antiguos, como Valdegoba (Burgos) y Figueira Brava (Portugal) (Fernández-Lomana, 2006; Nabais y Pimenta, 2015) o algunos más recientes como Gorham's cave (Gibraltar), Cova de l'Arbreda (Girona), Cova Negra (Valencia) o la Balma del Gai (Barcelona) (Blasco *et al.*, 2014, 2016; Finlayson *et al.*, 2012; Lloveras *et al.*, 2018b, 2020a, 2020b; Martínez Valle, 1996; Martínez Valle *et al.*, 2016). Cercanas a las cronologías de estos conjuntos, empiezan a surgir los primeros restos asociados a

comportamientos simbólicos, es el caso del yacimiento de Karpina (Croacia) con las garras de pigargo europeo usadas como ornamentos (Radovčić *et al.*, 2015). El uso de garras de rapaces con fines simbólicos es un comportamiento que se observa en diferentes yacimientos de Pleistoceno superior en Europa, como por ejemplo: Combe Grenal (Francia), Le Fieux (Francia), Pech de l'Azé (Francia), Baume de Gigny (Francia), Mandrin (Francia), Fumane (Italia), Rio Secco (Italia) o Cova Foradada (España) (Mourer-Chauviré, 1975, 1989; Fiore *et al.*, 2004; Soressi *et al.*, 2008; Berna *et al.*, 2009; Gaudzinski-Windheuser y Niven, 2009; Morin y Laroulandie, 2012; Romandini *et al.*, 2014; Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2019). Pese a que las aportaciones antrópicas hayan aumentado en estas cronologías, las acumulaciones de origen no antrópico (tanto por carnívoros, rapaces o muerte natural) siguen estando presentes en este tipo de conjuntos. La mayoría de los restos de estos yacimientos acaban suponiendo una acumulación mixta de diversos agentes.

Una de las dificultades de los estudios avifaunísticos en contextos pleistocenos recae en el último apunte: si bien los conjuntos fósiles de cronologías más recientes son mucho más abundantes, tienen el inconveniente de que la mayoría son aportaciones mixtas. Este hecho complica considerablemente la interpretación de los análisis tafonómicos.

3.4 Estudios avifaunísticos neo-tafonómicos

Los estudios actualistas y neo-tafonómicos pueden ser de gran ayuda a la hora de profundizar en los patrones de consumo de las aves rapaces. Comprender su etología es clave para superar los obstáculos tafonómicos de los restos fósiles de aves. Además, este tipo de experimentos también se pueden extrapolar a las actividades antrópicas, ayudando a esclarecer patrones de descarnado o desmembramiento.

Empezando con los experimentos actuales ligados a actividad antrópica, están aquellos que se centran en patrones de consumo (Laroulandie, 2001; Laroulandie *et al.*, 2008; Lloveras y Nadal, 2020) o bien los que intentan emular comportamientos simbólicos como la extracción de garras (Romandini *et al.*, 2014) o plumas (Blasco *et al.*, 2019). Pese a la escasez de este tipo de estudios, los resultados que ofrecen los diversos autores son de gran ayuda a la hora de comprender las distintas actividades antrópicas sobre aves a lo largo del Pleistoceno.

Por otra parte, se encuentran los estudios relacionados con patrones de consumo de aves por animales como rapaces o bien carnívoros. Entre las rapaces diurnas y nocturnas, las

acumulaciones realizadas por nocturnas han sido más estudiadas. La mayoría de estos estudios se han realizado a partir de los análisis de los restos de micromamíferos consumidos por diferentes predadores (Andrews y Cook, 1990).

Desde la disciplina avifaunística, las acumulaciones de ambos tipos de rapaces han sido mucho menos estudiadas. Empezando con las rapaces diurnas, los trabajos de autores como Bochenski y Lloveras son los más recurrentes. Empezando con los halcones, se han estudiado especies como el halcón gerifalte (*Falco rusticolus*) (Bochenski *et al.*, 1998; Bochenski y Tornberg, 2003), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) (Laroulandie, 2000, 2002) y el cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) (Comay y Dayan, 2018). Siguiendo con las águilas, existen varias especies estudiadas pero los trabajos son escasos; encontramos el águila real (*Aquila chrysaetos*) (Bochenski *et al.*, 1999, 2009), el águila imperial (*Aquila heliaca/adalberti*) (Bochenski y Tomek, 1997) y el águila perdicera (*Aquila fasciata*) (Lloveras *et al.*, 2014c). Otros dos accipítridos estudiados son el pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla*) (Mlíkovski, 1996, 2009; Bochenski *et al.*, 2009) y el alimoche o buitre egipcio (*Neophron percnopterus*) (Lloveras *et al.*, 2014b).

Siguiendo con las rapaces nocturnas, el búho real (*Bubo bubo*) es sin duda, el más estudiado hasta ahora (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1997; Laroulandie, 2000, 2002; Rufà y Laroulandie, 2019). Otros strigiformes, sin embargo menos estudiados, son el búho chico (*Asio otus*) (Bochenski y Tomek, 1994, 1997) y el cárabo común (*Strix aluco*) (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Tornberg, 2003).

Por último, también se han estudiado acumulaciones avifaunísticas originadas por carnívoros como el lince ibérico (*Lynx pardinus*) (Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2016), el gato montés (*Felis silvestris*), la jineta (*Genetta genetta*) (Laroulandie, 2000), el tejón (*Meles meles*) (Maylle *et al.*, 2008; Arilla *et al.*, 2020) y dos especies de zorro: el zorro común (*Vulpes vulpes*) (Maylle *et al.*, 2008; Krajcarz y Krajcarz, 2014) y el zorro ártico (*Alopex lagopus*) (Monchot y Gendron, 2011), pero como se ha mencionado previamente en el caso de las aves, estos estudios siguen siendo escasos. En el apartado 5.6 de este trabajo se presenta de forma más detallada las características de diferentes agentes acumuladores de aves.

Si bien los resultados de estos experimentos son igual de útiles que aquellos en los que se emula el comportamiento humano para con las aves, estos son más necesarios debido a

la dificultad de distinguir agentes acumuladores entre diversas especies de aves rapaces u otros animales. Por ello, es imprescindible fomentar estos análisis para poder establecer una base de referencia básica a la hora de diferenciar las modificaciones producidas por rapaces. Más acumulaciones estudiadas se traducen en poder observar patrones más sólidos y claros para cada especie, ya que cada individuo estudiado está condicionado por su contexto paisajístico y eso afecta directamente a su patrón de consumo.

Tal y como se ha comprobado a lo largo de este apartado, pese a ser una disciplina aún en desarrollo, la tafonomía de aves es una especialidad de suma importancia a la hora de estudiar depósitos arqueológicos y paleontológicos de distintos periodos del Pleistoceno. No solo estos estudios son importantes desde el punto de vista de la propia tafonomía de los yacimientos, sino que también tienen relevancia a nivel de la evolución humana. El estudio de las aves y su relación con los grupos humanos contribuye a profundizar sobre los entornos paleoeconómicos y paleoclimáticos de los distintos homínidos a lo largo de la evolución.

4. SIMA DEL ELEFANTE

La Sima del Elefante forma parte del conjunto de yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos). Este complejo presenta un registro arqueológico y paleontológico del Pleistoceno Inferior y Medio. Algunos de sus yacimientos más destacados son la Gran Dolina, Galería, la Sima de los Huesos y Cueva Fantasma. La Sima del Elefante es el yacimiento que presenta una cronología más antigua, llegando a los 1,2 Ma.

La estratigrafía de Sima del Elefante está formada por un depósito de 25m de potencia (Figura 2). Este lo conforman 16 unidades estratigráficas desde TE7 a TE21 (Rosas *et al.*, 2001, 2004, 2006; Huguet *et al.*, 2017).

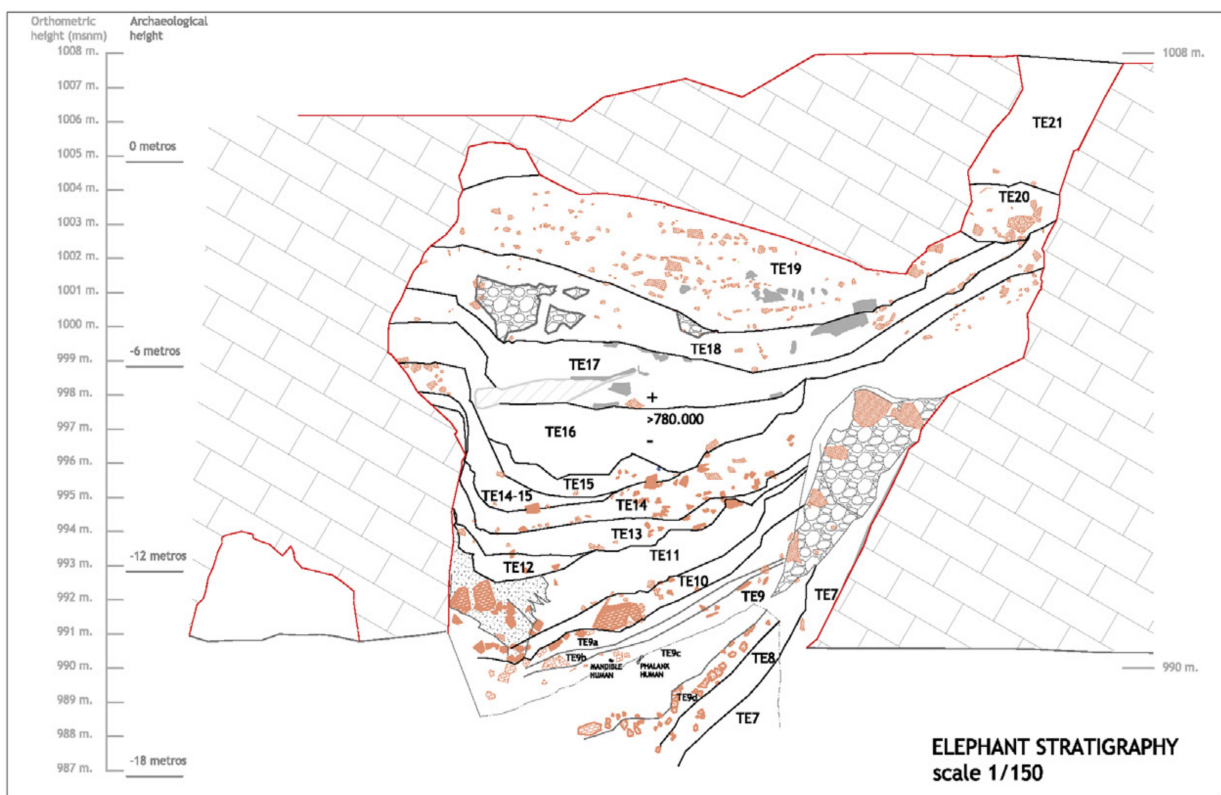


Figura 2: Perfil topográfico de Sima del Elefante (Fuente: Huguet *et al.*, 2017).

La columna estratigráfica se divide en tres fases: la más antigua contiene los niveles de TE7 a TE14, conocida como TELRU (Trinchera Elefante Unidad Baja Inferior). Las unidades de TE15 a TE19 comprenden la fase intermedia o TEURU (Trinchera Elefante Unidad Roja Superior) y por último la fase superior con las unidades TE20 y TE21 (Rosas *et al.*, 2006; Huguet *et al.*, 2017).

Las unidades de la primera fase presentan cierta inclinación hacia el norte geográfico, siendo más pronunciada en las unidades inferiores (TE9-TE10) (Figura 3). En el techo de

la unidad TE10 se ha logrado identificar una acumulación de sedimentos de origen hídrico (Huguet, 2007).

Los estudios paleomagnéticos revelan un cambio de polaridad en la base de la unidad TE17. Por lo tanto, los sedimentos que se encuentran por debajo de esta unidad presentan una polaridad inversa, asignados al cron Matuyama con una antigüedad de más de 780 ka (Rosas *et al.*, 2001; Parés *et al.*, 2006; Huguet *et al.*, 2017). Las unidades estratigráficas desde TE14 a TE7 han ofrecido unas dataciones que abarcan un intervalo situado entre los 1.2 y 1.1 Ma (Cuenca-Bescós *et al.*, 2001, 2013; Cuenca-Bescós y García 2007). Los análisis biocronológicos indican que los niveles superiores del conjunto (TE18 y TE19) corresponderían a la segunda mitad del Pleistoceno Medio. Estas cronologías se situarían entre a los 250-350 ka (OIS 9-8) (Van der Made 2001; Rosas *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2011; Huguet *et al.*, 2017). Por último, los datos biocronológicos relacionados con pequeños mamíferos (género *Allophaiomys*) y macrofaunas otorgan a las unidades inferiores (TE7-TE14) un intervalo de entre 1,5 y 1,1 Ma (Laplana y Cuenca-Bescós *et al.*, 2001, 2010, 2013; Cuenca-Bescós y García 2007; García *et al.*, 2008; Huguet *et al.*, 2017).



Figura 3: Vista del nivel TE9-c de Sima del Elefante donde se observa la pendiente del paquete sedimentario (Fuente: Huguet *et al.*, 2017: Modificado).

La Sima del Elefante goza de cierta relevancia a nivel mundial, ya que en su depósito se ha documentado alguna de las evidencias antrópicas más antiguas de Europa. Así en el nivel TE9 se recuperaron dos restos humanos, así como industria lítica y restos de

macrofauna con marcas de corte (Carbonell *et al.*, 2008; Huguet *et al.*, 2013, 2017; Lorenzo *et al.*, 2015; de Lombera-Hermida *et al.*, 2015). Los restos humanos corresponden a una mandíbula incompleta, una falange y dientes asociados a *Homo sp.* con una datación de 1.1 y 1.2 Ma (Carbonell *et al.*, 2008; Bermúdez de Castro *et al.*, 2011).

De toda la Sierra de Atapuerca, la Sima del Elefante es el yacimiento que acumula un mayor número de restos avifaunísticos, concentrados en los niveles de Pleistoceno Inferior (TE14-TE7) (Sánchez-Marco, 2018). El primer listado taxonómico de aves incluía especies como *Anas sp.*, *Haliaeetus albicilla*, *Falco sp.*, Charadriiformes indet., *Columba livia*, *Carduelis chloris* y *Corvus antecorax* (Rosas *et al.*, 2001). Un estudio posterior acabó por ampliar el marco taxonómico avifaunístico del yacimiento, añadiendo especies como *Falco cf. tinnunculus*, *Lagopus muta*, *Perdix palaeoperdix*, *Coturnix coturnix*, *Vanellus vanellus*, *Lymnocryptes minimus*, *Phoenicurus ochruros*, *Turdus spp.*, *Acanthis flammea*, *Carduelis carduelis*, *Pyrrhocorax pyrrhocorax*, *Corvus corax/fragilegus* (Sánchez-Marco, 2004). Es necesario recalcar que algunos de estos restos suponen las primeras evidencias fósiles para determinadas especies en la Península Ibérica; es el caso de *Haliaeetus albicilla*, *Aquila heliaca/adalberti*, *Falco tinnunculus*, *Falco rusticolus*, *Rallus aquaticus*, *Calidris sp.*, *Gallinago sp.*, *Athene vallgornerensis*, *Corvus pliocaenus*, *Coccothraustes coccothraustes* (Núñez-Lahuerta, 2019; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2016, 2021). La reconstrucción paleoambiental realizada a partir de los anteriores taxones concluye en la presencia de zonas abiertas, mezcladas con parches boscosos y zonas de agua continental cercanas al yacimiento.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Material estudiado

Los materiales utilizados en este trabajo comprenden todos los restos avifaunísticos recuperados en el nivel TE9d de Sima del Elefante. Los restos fueron recuperados durante las campañas de 2013 a 2018. La muestra asciende a 1877 restos de aves, que suponen 1023 registros coordinados. El hecho de que el número de coordinados sea inferior al total de restos se debe a que algunos de los registros están representados por diferentes restos que aparecieron en forma de acumulación en el conjunto y se decidió coordinarlos con un solo número de registro.

El material estudiado comprende únicamente los restos recuperados durante el proceso de excavación. De este modo, aquellos restos recuperados durante el lavado del sedimento no ha sido incluido en este análisis. Todos los datos anatómicos, taxonómicos y tafonómicos han sido introducidos en una base de datos con tal de facilitar las comparaciones y la obtención de resultados.

5.2 Métodos

5.2.1. Taxonomía

El análisis taxonómico es uno de los primeros pasos que se siguen para la correcta identificación de un resto óseo. Para ello se ha hecho uso de la colección osteológica de vertebrados del Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES) de Tarragona y de la colección zoológica de aves del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB). También se han utilizado manuales de identificación para realizar una determinación preliminar (Cohen y Serjeantson, 1996; Schmid, 1972; Tomek y Bochenski, 2000). En este estudio se han conseguido identificar restos a nivel de orden, familia, género y especie. Hay que mencionar que esta es una labor complicada debido a que muchas de las diferencias entre miembros de la misma familia pueden ser a nivel métrico y no morfológico.

5.2.2. Tallas de peso

La morfología esquelética de las aves a menudo puede complicar la identificación, debido a las pocas diferencias entre miembros del mismo género o familia. En este caso, cada resto ha sido separado en una talla de peso. Para ello, se han tenido en cuenta las especies

de aves previamente identificadas en el yacimiento (Rosas *et al.*, 2001; Sánchez-Marco, 2004, Núñez-Lahuerta, 2019) y se han agrupado según su peso (Tabla 1).

Tallas de peso	Especies
Talla grande (más de 2kg)	<i>Haliaeetus albicilla</i> , <i>Aquila chrysaetos</i> , <i>Bubo sp.</i>
Talla media (entre 0,09 y 2kg)	<i>Corvus sp.</i> , <i>Columba sp.</i> , <i>Falco peregrinus</i>
Talla pequeña (entre 0,02 y 0,1kg)	<i>Gallinago sp.</i> , <i>Rallus aquaticus</i> , <i>Calidris sp.</i>

Tabla 1: Tallas de peso de aves identificadas en Sima del Elefante.

5.2.3. Anatomía

La gran mayoría de restos estudiados han podido ser identificados anatómicamente. Para ello se han utilizado los mismos manuales que para la identificación taxonómica. Aun así, también existen pequeños fragmentos de hueso que no se pueden clasificar como un elemento en concreto. Por esto, se han clasificado según sus características morfológicas. Los huesos largos que pertenecen al esqueleto apendicular están formados por una cavidad medular bien desarrollada, compuesto mayoritariamente por tejido cortical en la diáfisis y tejido esponjoso en las epífisis. Por otra parte, los huesos planos pertenecen al esqueleto axial y los caracteriza su nula cavidad medular con las paredes muy cercanas entre sí (Cáceres, 2002; Huguet, 2007; Saladié *et al.*, 2011).

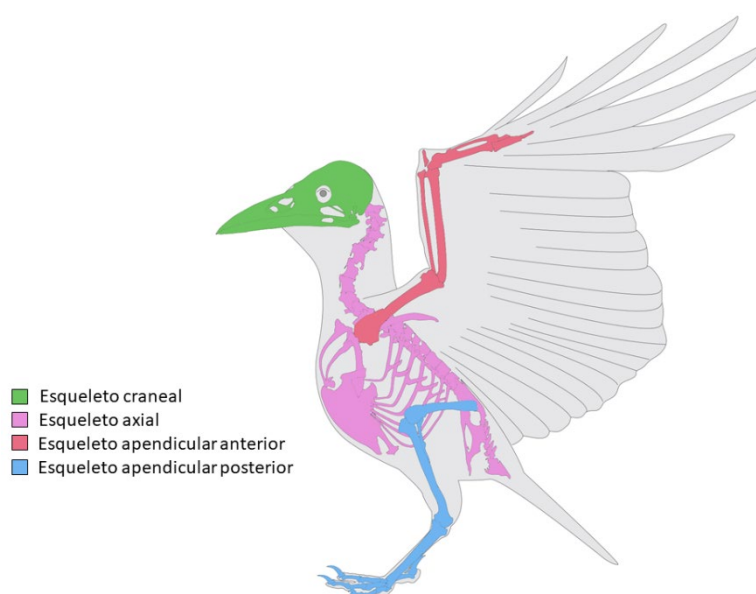


Figura 4: Representación de una graja (*Corvus frugilegus*) donde se muestran las diferentes partes anatómicas.

Cada hueso ha sido incluido en una de las distintas secciones del esqueleto: esqueleto craneal (cráneo, cuadrado y mandíbula), axial (esternón, vértebra, costilla, coracoides, fúrcula, escápula y pelvis), apendicular anterior (húmero, ulna, radio, carpometacarpo,

cuneiforme, escafolunar y falanges anteriores) y apendicular posterior (fémur, tibiotarso, tarsometatarso, fibula, calcáneo, falanges posteriores y garras) (Figura 4).

5.2.4. Edades

El crecimiento óseo en las aves funciona de manera distinta al resto de animales. Durante su etapa inmadura, las aves carecen de epífisis y es en la diáfisis donde el hueso empieza a desarrollarse. Además, las aves tienen modelos de crecimiento que varían según la especie. Varios investigadores coinciden en que es difícil concretar rangos de edad precisos en los estudios de restos de aves (Baumel *et al.*, 1993; Serjeantson, 2002; Rufà, 2017). El estudio de Lefèvre y Pasquet (1994) concluye en que únicamente se pueden distinguirlos individuos inmaduros de los adultos por la porosidad del hueso. En este estudio se ha seguido esta misma metodología, diferenciando los individuos juveniles de los adultos a partir de la porosidad.

Para la determinación del sexo, existen diversos métodos métricos que permiten aproximarse a esta identificación (Erbersdobler, 1968; Woelfle, 1967; Kraft, 1972; Fick, 1974; Bochenski y Tomek, 1994; Tomek y Bochenski, 2000; Rufà, 2017). Otro método conocido es la presencia de espolón óseo en los tarsometatarsos de algunos Galliformes machos. De todas formas se ha observado como algunas hembras también pueden presentar dicho espolón, por lo que el método no es del todo concluyente (Gilbert *et al.*, 1981; Rufà, 2017).

El método que se ha realizado en este estudio es el de la presencia del hueso medular. Antes de la puesta de huevos, las hembras acumulan más cantidad de fosfato cálcico en el interior de los huesos, por tal de igualar la pérdida de calcio con la producción de la cáscara del huevo (Lentacker y Van Neer, 1996; Serjeantson, 2009) (Figura 5).

Pese a que este tipo de estudios aún son escasos, la presencia de hueso medular puede proporcionar datos en cuanto a la estacionalidad de un yacimiento. El hallazgo de esta particularidad indica que la hembra falleció poco antes de su puesta (Whitehead, 2004; Rufà, 2017).

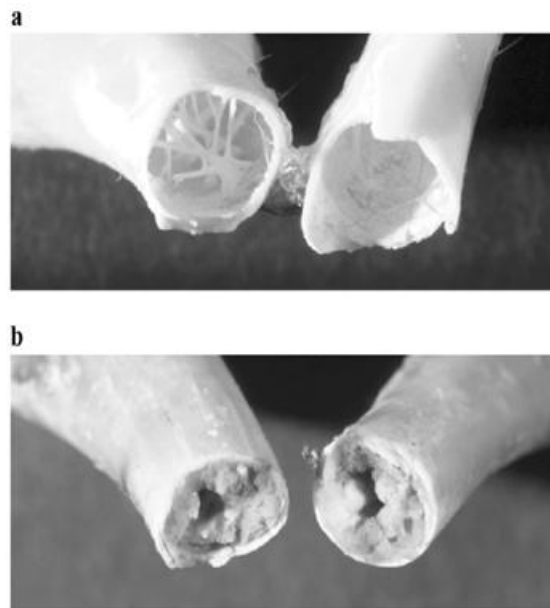


Figura 5: Húmeros de gallina donde se aprecia el interior de un hueso normal (a) y uno con la cavidad rellena de hueso medular (b) (Fuente: Whitehead, 2004).

5.3 Cuantificación

Para llevar a cabo la cuantificación del registro se han utilizado una serie de índices. Cada uno de ellos aporta un tipo de información distinta, clave para el análisis zooarqueológico.

5.3.1.NR

El NR (Número de Restos) es el número total de restos que forman parte del conjunto estudiado.

5.3.2 NISP

El NISP (Número de Especímenes Identificados por Taxón) contabiliza a todos los restos analizados anatómicamente y taxonómicamente (Klein y Cruz-Urbe, 1984).

5.3.3 NME

El NME (Número Mínimo de Elementos) supone el mínimo número de elementos anatómicos individualizados dentro de un conjunto de restos. Este número se obtiene teniendo en cuenta los elementos diagnósticos (*landmarks*), la lateralidad y la edad de cada hueso (Huguet, 2007; Saladié, 2009; Saladié *et al.*, 2011). Este cálculo ayuda a mostrar la representación anatómica de la muestra estudiada y sirve para calcular el NMI tal y como veremos a continuación.

5.3.4 NMI

El NMI (Número Mínimo de Individuos) es un cálculo que permite conocer, a partir del NME, el número de individuos por taxones o tallas del conjunto (Lyman, 2008). Este índice también tiene en cuenta el taxón, lateralidad y edad de cada elemento. Lo más común es que el elemento más abundante sea el que aporte el valor de NMI de la muestra.

5.3.5 %AR

Aparte de las cuantificaciones anteriores que son básicas para cualquier estudio zooarqueológico, hay otras que permiten conocer la proporción entre los restos recuperados y los esperados (teniendo en cuenta el NMI). Para calcular la integridad de la muestra, se han llevado a cabo los cálculos del %AR, MAU y %MAU (Binford, 1978; Lyman, 1994; Lloveras *et al.*, 2014b, 2014c; Rufà *et al.*, 2016a, 2016b). El cálculo es el siguiente:

$$AR = \frac{NME}{NME \text{ esperado}^2} \times 100$$

Este cómputo permite incidir en la presencia de sesgos teniendo en cuenta los elementos anatómicos mejor representados, pudiendo valorar la integridad del registro estudiado (Lyman, 1994).

5.3.6 MAU y %MAU

El MAU (Mínimo de Unidades Animales) fue desarrollado por Binford (1978, 1984) con el objetivo de observar patrones de transporte y la supervivencia diferencial de los restos en el conjunto. En todo caso, el MAU no tiene en cuenta si los individuos fueron aportados al yacimiento en su totalidad. El cálculo se realiza de esta forma:

$$MAU = \frac{NME}{MAU \text{ máximo}} \times 100$$

Para hacer que este cálculo sea operacional, se realiza el porcentaje de MAU (%MAU), que se calcula de la siguiente forma:

$$\%MAU = \frac{MAU}{MAU \text{ máximo}} \times 100$$

De esta forma, el MAU y %MAU permiten valorar la desviación entre los restos representados y los restos esperados teniendo en cuenta el NMI (Rodríguez-Hidalgo, 2015).

5.3.7 Ratios

Los cálculos de densidades óseas en esqueletos de aves son muy escasos y se ciñen únicamente a unos pocos taxones que suelen no estar presentes en las acumulaciones faunísticas de los yacimientos arqueológicos. Estos taxones son en su mayoría Anseriformes (Higgins, 1999; Dirrigl, 2001; Broughton *et al.*, 2007; Rufà, 2017).

Existen una serie de ratios para suplir la falta de datos necesarios para evaluar de una forma más aproximada las proporciones anatómicas en esqueletos de aves; de hecho, también sirven para compararse con otras acumulaciones. Estos ratios tienen en cuenta diversas proporciones de huesos largos y planos y se realizan con los valores de NME:

- **Alas vs patas (*wing/leg ratio*):** Definido como *wing to leg ratio* por Ericson (1987). Su objetivo era diferenciar acumulaciones antrópicas de aquellas no-antrópicas y postdeposicionales. Este cálculo se realiza a partir de la división de la suma de los elementos del ala (húmero, ulna y carpometacarpo) por la suma de los elementos del ala y los de la pata (fémur, tibiotarso y tarsometatarso) multiplicado por 100 (Ericson, 1987). Pese a que el autor defiende que las patas tienden a ser más abundantes en acumulaciones antrópicas, es necesario contrastar estos resultados con los de las otras ratios (Livingston, 1989).
- **Tronco vs extremidades (*core/limb ratio*):** El *core to limb ratio* (Bramwell *et al.*, 1987; Bochenski, 2005) tiene como finalidad distinguir, dentro de las acumulaciones realizadas por rapaces, aquellos elementos digeridos que provienen de egagrópilas de los que no. Este cálculo asume como hipótesis principal que en las acumulaciones de restos digeridos, los huesos de las extremidades serían más abundantes. Por otra parte, entre los restos no digeridos, las extremidades estarían menos representadas (pero aún predominando) (Rufà, 2017). Para obtener el valor de este ratio, se hace una división de la suma de restos del tronco (esternón, coracoides, escápula y pelvis) entre la suma de restos del tronco y los de las extremidades (húmero, fémur, radio, ulna, tibiotarso, carpometacarpo y tarsometatarso) multiplicado por 100 (Bramwell *et al.*, 1987).

- **Proximal vs distal:** Propuesto por Bochenski y Nekrasov (2001), este ratio tiene como objetivo distinguir acumulaciones de rapaces diurnas y nocturnas en función de si los restos han sido digeridos o no. Los autores definieron tres grupos a partir de los resultados de este ratio (Tabla 2). El valor de este ratio se obtiene a partir de la división de la suma de los elementos proximales (escápula, coracoides, húmero, fémur y tibiotarso), entre la suma de elementos proximales y distales (radio, ulna, carpometacarpo y tarsometatarso) multiplicado por 100. Autores como Bochenski (2005) y Mourer-Chauviré (1983) coinciden en que las rapaces diurnas y los humanos generan acumulaciones similares, donde los elementos distales de las extremidades (carpometacarpo y tarsometatarso) son menos abundantes. En las acumulaciones de rapaces nocturnas, sin embargo, estos elementos suelen estar mejor representados. Por esto mismo, resulta más fácil distinguir acumulaciones de rapaces nocturnas de las humanas, que de las diurnas (Bochenski, 2005).

	AGENTE ACUMULADOR	
	RAPACES DIURNAS	RAPACES NOCTURNAS
Proximal = Distal (aprox.)	Digeridos	-
Proximal (60%) > Distal	No digeridos	Digeridos
Proximal (80%) > Distal	No digeridos*	-

Tabla 2: Tres de los grupos definidos por Bochenski y Nekrasov (2001) asociados a diferentes tipos de rapaces, teniendo en cuenta los resultados de los ratios de elementos “proximal vs distal”. (*: restos no digeridos por águilas reales (*Aquila chrysaetos*)).

5.4 Fragmentación

El estudio de la fragmentación ósea se centra en identificar y definir procesos de fractura de aquellos huesos que estaban completos. Exceptuando los animales de talla muy pequeña, el estudio de las fracturas permite incidir en estrategias de consumo o en las alteraciones postdeposicionales.

En el caso de las aves, este tipo de estudios suele ser algo más complejo si partimos de la base que los huesos de ave son mucho más frágiles que los de mamíferos. Esto comporta que sean más susceptibles a romperse por alteraciones postdeposicionales como el *trampling*. Es por esto por lo que algunos autores optan por distinguir únicamente dos tipos de fracturas: antigua (cerca o en el momento de la deposición del material) y moderna (durante o después de la excavación) (Steadman *et al.*, 2002) (Figura 6). Pese a que algunos autores han intentado distinguir entre fracturas frescas y secas como con el

resto de fauna, todavía es necesario realizar descripciones más precisas (Laroulandie, 2000).

Por otra parte, otros autores optan por cuantificar los porcentajes de elementos completos, medidas y las ratios definidas en el apartado anterior (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski, 2005).

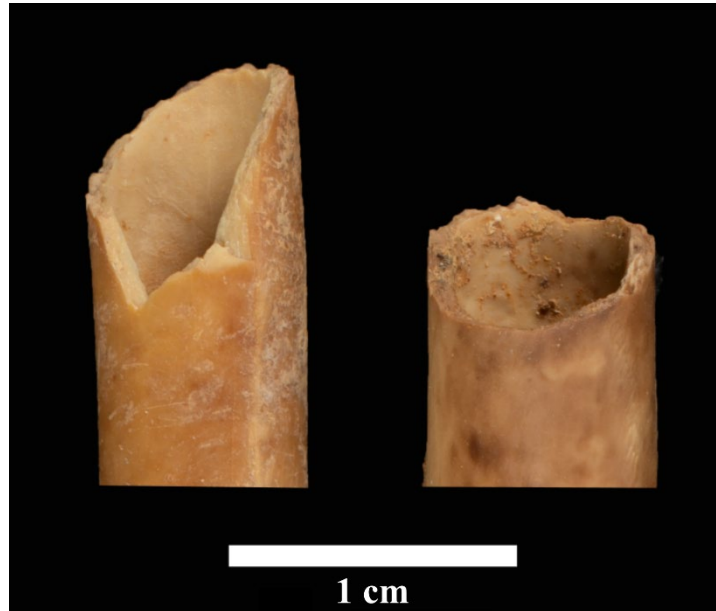


Figura 6: Tipos de fracturas en diáfisis de dos húmeros distintos de córvidos: fractura moderna (izquierda) y fractura antigua (derecha).

5.5 Alteraciones sobre la superficie de los huesos

Las acumulaciones de restos faunísticos en yacimientos arqueológicos pueden ser producidas por diversos agentes biológicos. En el caso de los conjuntos avifaunísticos, suelen estar acumulados por tres tipos de agentes biológicos: carnívoros, grupos humanos y aves rapaces. Pese a que mayoritariamente estos agentes suelen tener fines nutricionales, las modificaciones que dejan sobre la superficie de los huesos no son las mismas. Para poder identificar estas modificaciones, se ha hecho uso de una lupa binocular Olympus SZ1144TR. Cuando se han necesitado más aumentos y fotografía en detalle, se ha empleado el microscopio digital HIROX KH-8700. Ambas herramientas ópticas han sido proporcionadas por el Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES).

5.5.1 Modificaciones por aves

En este trabajo se han logrado identificar una serie de alteraciones producidas por aves rapaces. Una parte de las modificaciones está causada por la acción del pico o las garras, y otras, por los jugos gástricos del propio depredador.

Las modificaciones por picos/garras identificadas son las siguientes:

- **Depresión:** Hundimiento del tejido cortical en forma arqueada, aunque en ocasiones triangular.
- **Perforación:** Hundimiento ovalado y circular con bordes irregulares que traspasa el tejido cortical del hueso.
- **Picoteo:** Repetición de diferentes perforaciones. Se localiza principalmente en las epífisis; se asocian a depresiones sutiles de la fractura y a la pérdida cortical externa.
- **Arrastre:** Estrías largas transversales y en ocasiones oblicuas, paralelas o entrecruzadas mayormente focalizadas en las diáfisis. Suelen estar asociadas a levantamientos.
- **Levantamiento:** Estrías muy cortas mayoritariamente oblicuas y paralelas entre sí, presentes en metáfisis, epífisis y diáfisis (en menor medida). Se caracterizan por levantar ligeramente el tejido cortical.

En contraposición a los carnívoros, la acción de las aves rapaces sobre sus presas acostumbra a alterar en menor medida la superficie de los huesos. De todas formas, las morfologías definidas previamente son distinguibles de las marcas generadas por la acción de los carnívoros (Figura 7).

Cuando un hueso es ingerido por un depredador, los ácidos gástricos pueden alterar su morfología y superficie. Para este estudio, se han tenido en cuenta las categorías definidas por Lloveras *et al.*, (2014a: 151) (Tabla 3).

En algunas ocasiones las alteraciones por digestiones ayudan a distinguir los agentes acumuladores. Por ejemplo, las rapaces diurnas y los carnívoros generan grados de digestión más agresivos o altos que las rapaces nocturnas (Figura 8).



Figura 7: Comparación de modificaciones por carnívoro y rapaz: depresiones y perforaciones realizadas por lobo, observadas sobre el húmero izquierdo de buitre leonado (A). (Fuente: Rufà y Laroulandie, 2020: 132: Modificado). Perforación y picoteo sobre un coracoides de córvido (B) y depresión por pico sobre un tibiotarso de córvido (C), realizadas por ave.

0/Nulo	No se observan rastros
1/Ligero	La superficie del hueso está ligeramente alterada. La digestión se concentra en una zona concreta del hueso con presencia de cavidades causadas por las enzimas de la digestión. Menos del 25% de la superficie del hueso ha sido afectada por la alteración. Los bordes pueden estar ligeramente redondeados.
2/Moderado	Entre el 25% y el 75% de la superficie del hueso está afectada y la digestión está más avanzada que en la categoría anterior. El número de cavidades se incrementa. Puede haber destrucción ósea, pero está muy localizada. Posible división y redondeo de los bordes.
3/Fuerte	Toda la superficie del hueso está afectada. Picaduras extensas con presencia de pequeños agujeros que se hacen visibles en la superficie del hueso. Destrucción ósea avanzada que afecta a más del 50% del hueso. Redondeo extenso de los bordes. Posible división y agrietamiento.
4/Extremo	La destrucción ósea importante ha afectado a toda la superficie del hueso. La estructura ósea ha sido destruida por la corrosión. Fuerte redondeo de los bordes. La identificación del elemento óseo es difícil.

Tabla 3: Grados de digestión (izq.) y su descripción (der.) sobre restos de lepóridos. (Fuente: Lloveras *et al.*, 2014a:151: Modificado).



Figura 8: Ejemplos de alteración por digestión en huesos de aves. Izquierda: fémur de Pteroclididae con un grado moderado de digestión. Derecha: falange de taxón indeterminado con un grado extremo de digestión. (Fuente: Lloveras *et al.*, 2020a: Modificado).

5.5.2 Modificaciones postdeposicionales

En este apartado se describirán las alteraciones que tienen lugar en las fases bioestratinómicas y fosildiagénicas de fósil. Las alteraciones bioestratinómicas son aquellas modificaciones que sufre el resto óseo antes de su enterramiento, mientras que las fosildiagénicas aquellas que tienen lugar una vez el hueso ha sido enterrado (Behrensmeyer, 1978; Yravedra, 2006).

Para empezar, se han identificado marcas realizadas por roedores. Este tipo de agentes suelen roer la superficie de los huesos con el fin de desgastar sus dientes y obtener calcio (Brain, 1983). Este proceso deja unas estrías planas y acanaladas de longitudes variables más bien superficiales, que se suelen encontrar en los bordes de los huesos (Figura 9) (Sutcliffe y Collins, 1972; Maguire *et al.*, 1980; Brain, 1983).



Figura 9: Marcas de roedores sobre huesos largos de ave, y sobre una ulna proximal de pigargo (Fuente: Núñez-Lahuerta *et al.*, 2021: Modificado).

Las modificaciones como los rodados y pulidos son producidas por corrientes hídricas que pueden afectar a los materiales de los yacimientos arqueológicos. Estas corrientes transportan partículas de sedimento que al entrar en contacto con los huesos, los pulen y redondean (Behrensmeyer, 1990; Cáceres, 2002) (Tabla 4). Además, las corrientes no solo pueden transportar distintos materiales al interior de las cavidades, que por lo tanto acaban formando parte del conjunto arqueológico, sino que también pueden desplazar y dispersar aquellos que ya se encontraban depositados. En concreto, los restos más pequeños son más susceptibles de ser desplazados por corrientes hídricas (Voorhies, 1969).

El pisoteo, o *trampling* en inglés, es un tipo de alteración producida por la fricción de pequeñas partículas sedimentarias, mayormente silíceas, sobre la superficie de los huesos (Olsen y Shipman, 1988). Esta fricción sobre la superficie de los huesos la viene generada indirectamente por el tránsito de humanos o bien de animales. Las modificaciones se caracterizan principalmente por la presencia de estrías muy finas y poco profundas con una sección en forma de “U” de forma aleatoria en el hueso. Presentan cierta similitud

con las marcas de corte pero, a diferencia de estas, presentan una sección con forma de “V” (Shipman y Rose, 1984; Behrensmeyer *et al.*, 1986; Olsen y Shipman, 1988; Fisher, 1995).

Redondeamientos		Pulidos	
Grado	Descripción	Grado	Descripción
R0	Sin signos de redondeamiento	P0	Fragmentos que presentan superficie mate.
R1	El redondeamiento afecta a los bordes anatómicos y a las fracturas pero a nivel microscópico (entre 18 y 50 aumentos), macroscópicamente es casi inapreciable.	P1	El pulido sólo es observable a nivel microscópico (entre 18 y 50 aumentos) y se presenta como una fina capa que afecta a los bordes del fragmento.
R2	El redondeamiento afecta a determinadas zonas del hueso y se puede observar a nivel macroscópico.	P2	El hueso presenta zonas de pulido que microscópicamente se observan como placas distribuidas por la superficie del hueso. Los bordes aparecen completamente brillantes. Macroscópicamente la superficie del fragmento es brillante.
R3	El redondeamiento afecta no sólo a los bordes de las fracturas, sino también a toda la superficie. Provocando, en algunos casos, la pérdida de la morfología original del elemento.	P3	El hueso está completamente pulido, presentando una superficie claramente brillante.

Tabla 4: Grados y descripción de redondeamiento y pulido producidos por abrasión hídrica. (Fuente: Cáceres, 2002: 74).

Los contextos sedimentarios con cierto grado de humedad suelen provocar la aparición de óxidos de manganeso o de concreciones en la superficie de los huesos (Fernández-Jalvo y Andrews, 2000). Las manchas de manganeso son producidas por agentes bacterianos cuyo pH deja una pigmentación negruzca muy característica sobre la superficie de los huesos (Potter y Rossman, 1979; Fernández-Jalvo, 1992; Cáceres, 2002). Por otra parte, las concreciones son producidas por la cementación de partículas minerales y sedimentarias que se acaban adhiriendo al hueso (Fernández-Jalvo y Andrews, 2000). En el caso de este trabajo, únicamente se han descrito por su presencia en el hueso y su distribución (Tabla 5).

Distribución de óxidos de manganeso y concreciones	
Tipo	Descripción
Aislada	Localización de la alteración en un único punto concreto
Dispersa	Presencia de la alteración en más de un punto en el hueso
Concentrada	Localización de la alteración en un punto concreto de forma intensa
Generalizada	La alteración cubre casi o la totalidad del hueso

Tabla 5: Nomenclatura de distribución de las alteraciones por manganeso, concreciones y raíces.

Las modificaciones realizadas por raíces, caracterizadas por generar vermiculaciones y surcos con formas irregulares sobre los huesos (Behrensmeyer, 1978; Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2012) únicamente se han contabilizado a partir de su presencia o ausencia.

En algunas ocasiones, la caída de bloques o la presión del sedimento pueden generar fracturas en los huesos o bien modificar su forma. Las deformaciones que sufren los huesos suelen estar producidas por la expansión de sedimento que se ha introducido dentro de la matriz del propio elemento. Este sedimento al dilatarse fractura el hueso desde dentro hacia fuera (Shipman, 1981).

Por último, se han identificado alteraciones por corrosiones químicas del propio sedimento. Se ha contabilizado según su presencia o ausencia. Este tipo de modificación está relacionada con el pH del propio sedimento del yacimiento. En el caso de los depósitos kársticos, la composición del suelo básico altera la superficie de los restos óseos, causando descamaciones y fisuras en mosaico (Fernández-Jalvo, 1992).

5.6 Etología de aves

Las aves rapaces juegan un rol muy importante en las acumulaciones de restos de animales de talla pequeña como micromamíferos, reptiles, peces y otras aves (Blanco-Lapaz *et al.*, 2021; Bochenski *et al.*, 1993; Campbell y Bochenski, 2015; Fernández-Jalvo *et al.*, 2016; Lloveras *et al.*, 2014a, 2014b, 2014c; Rufà *et al.*, 2016a, 2016b; Rufà y Laroulandie, 2019). Existen dos tipos diferentes de rapaces, las nocturnas y las diurnas. Pese a que puedan generar acumulaciones muy similares, los estudios tafonómicos actualistas ayudan a enfocar ciertos patrones que permiten diferenciarlas (Bochenski, 2005; Bochenski *et al.*, 1993, 1999, 2009; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1994, 1997; Lloveras *et al.*, 2014b, 2014c; Mlíkovský, 1996, 2009; Rufà y Laroulandie, 2019). El patrón más evidente está relacionado con los grados de digestión; las rapaces diurnas tienden a generar grados de alteración altos (entre fuertes y extremos) de aquellos restos óseos que ingieren. Por otra parte, las rapaces nocturnas producen unas modificaciones por digestión ligeras y moderadas (Lloveras *et al.*, 2008a, 2020a).

Seguidamente se realizará una aproximación a las posibles rapaces ya identificadas en la Sierra de Atapuerca que pueden haber contribuido a la acumulación del conjunto estudiado en este trabajo (Rosas *et al.*, 2001, 2006; Sánchez-Marco, 2004; Núñez-

Lahuerta *et al.*, 2016; Núñez-Lahuerta, 2019). En el caso del águila perdicera, se añade a esta lista ya que en el presente trabajo ha sido identificada.

5.6.1 Halcón peregrino (*Falco peregrinus*)

Empezando con el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), se trata de una rapaz diurna muy adaptable, que acostumbra a vivir en acantilados y a depredar en grandes espacios abiertos. Su dieta está compuesta principalmente por aves, desde pequeños paseriformes a gansos, aunque en algunas áreas predominan los lagópodos y colúmbidos (Bochenski, 2005).

Se ha observado como el halcón peregrino tiende a generar acumulaciones de elementos no ingeridos y por ende, sin marcas de digestión. El porcentaje de huesos completos suele situarse entre el 60%, es decir, un porcentaje alto. La ulna y el húmero son los elementos más abundantes entre las acumulaciones que genera. Los elementos de las alas siempre están más representados que los de las patas y las modificaciones suelen estar presentes en un 3,8% de la muestra (Laroulandie, 2000, 2002) (Figura 10).



Figura 10: Marcas de pico sobre húmeros de colúmbidos realizadas por halcón peregrino (Fuente: Laroulandie, 2002).

5.6.2 Cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*)

El cernícalo vulgar es un pequeño Falconiforme que está muy bien adaptado a una gran variedad de hábitats. De todas formas, por regla general suele preferir espacios abiertos con zonas de arboledas cercanas. Puede llegar a anidar en paredes rocosas, aunque de forma solitaria y muy territorial. Suele alimentarse de pequeños mamíferos, reptiles, insectos y aves. En algunas ocasiones puede cazar polluelos, así como acechar entradas de cuevas para cazar vencejos o murciélagos (ari Valkama *et al.*, 1995; Ollé y Trabalon, 2019).

Respecto a los patrones de consumo de aves, no se han realizado estudios actualistas que permitan ver las preferencias del cernícalo vulgar, excepto el trabajo realizado por Comay y Dayan, (2018) en el que se alimentó a un cernícalo, entre otras rapaces, con ratones. En este estudio se comprobó como el cernícalo, la única rapaz diurna del grupo de aves del estudio, fue la que más fragmentación produjo. Sin embargo, no se recuperaron restos con evidencias de digestión, modificaciones que sí se apreciaron en los restos consumidos por las rapaces nocturnas.

5.6.3 Águila real (*Aquila chrysaetos*)

Entrando al grupo de las águilas, el águila real goza de una distribución geográfica y adaptación muy amplias. Su dieta contiene una alta proporción de pequeños mamíferos como lepóridos y, en ocasiones, también depreda sobre otras aves como por ejemplo tetraónidos entre muchas otras (Bochenski, 2005).

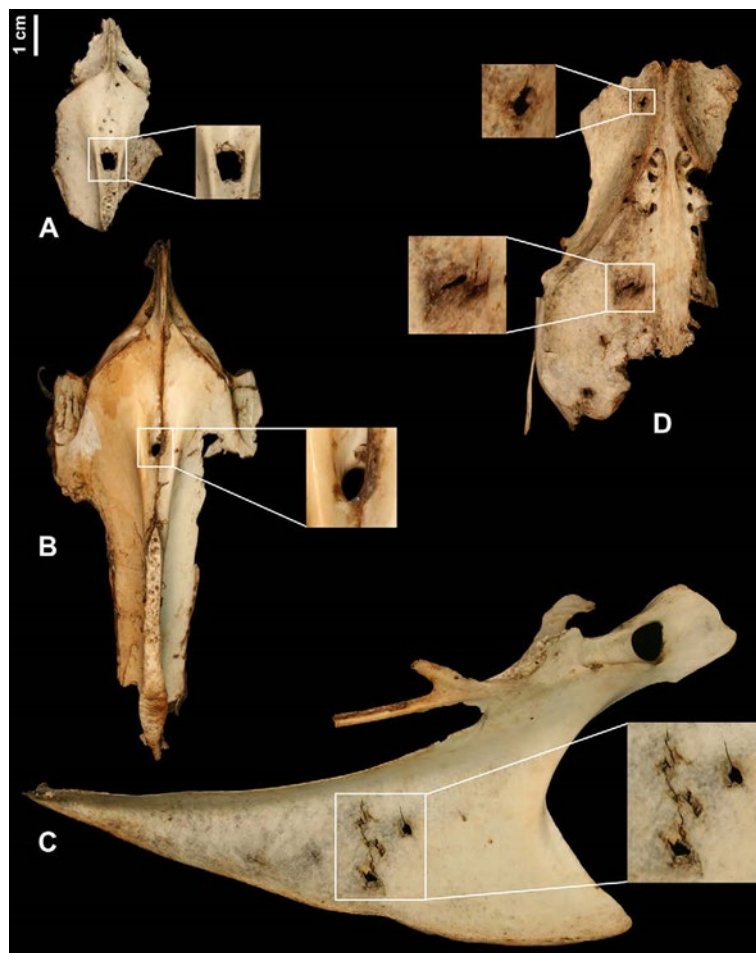


Figura 11: Perforación de huesos realizada por el águila real. A - parte anterior del esternón de un galliforme, con un agujero en la base de la *carina sterni*; B - esternón largo pero estrecho de un galliforme, con un agujero en la base de la *carina sterni*; C - esternón completo de un galliforme, con agujeros en la *carina sterni*; D - fragmento de pelvis de un galliforme, con varios agujeros. (Fuente: Bochenski *et al.*, 2009: 127).

Los resultados de los escasos estudios de los que disponemos indican que estas rapaces tienden a acumular mayoritariamente restos no ingeridos del torso como el esternón, coracoides y huesos largos como el húmero. Igual que el halcón peregrino, el porcentaje de elementos completos es alto (60%). En este caso, la proporción de elementos del torso comparado con las extremidades es más alta que la apreciada con el halcón peregrino. Pese a que acostumbre a dejar relativamente pocas marcas de pico, las más evidentes se encuentran en elementos como la pelvis o el esternón debido a la delgadez de algunas de sus paredes (Figura 11) (Bochenski *et al.*, 1999, 2009).

5.6.4 Águila imperial (*Aquila heliaca/adalberti*)

El águila imperial oriental (*Aquila heliaca*) o su variante ibérica (*Aquila adalberti*) son unas especies de águilas que se extienden por toda Europa. Habita zonas mediterráneas y de estepa, en bosques mezclados con áreas abiertas. Como el águila real, su principal fuente de alimentación son pequeños mamíferos como los lagomorfos, mientras que en algunas ocasiones prefieren aves de talla media como por ejemplo fasiánidos (Bochenski, 2005).

Las acumulaciones realizadas por esta especie también han sido poco estudiadas. En dos de los estudios realizados, se han recuperado restos ingeridos y no ingeridos (Bochenski y Tomek, 1997; Bochenski *et al.*, 2009).

Entre los restos no ingeridos destacan elementos como el torso, coracoides y húmeros, un patrón muy similar al del águila real. De hecho, mantiene los mismos porcentajes de elementos completos (60%). Sin embargo, en este caso las extremidades (y en concreto las anteriores) están más representadas que el torso.

Por otra parte, entre los restos ingeridos, y que por tanto pueden presentar alteraciones por digestión, el cráneo es el elemento más abundante seguido del coracoides y el tarsometatarso. Los elementos de las patas suelen estar mejor representados que los de las alas, además de presentar un valor bajo de restos completos (30%) (Bochenski y Tomek, 1997).

5.6.5 Águila perdicera (*Aquila fasciata*)

El águila perdicera se extiende principalmente por el sur de Europa y el norte de África. Prefiere vivir en zonas con presencia de paredes escarpadas y grandes espacios abiertos. Su dieta está compuesta principalmente de lepóridos y pequeños mamíferos, pero en

determinadas ocasiones también depreda sobre aves de tamaños pequeño y medio como el arrendajo, pasando por fasiánidos, colúmbidos, láridos e incluso grúidos (Ollé y Trabalón, 2019).

En el único estudio realizado sobre acumulaciones de aves por águila perdicera se han analizado restos ingeridos y no ingeridos (Lloveras *et al.*, 2014c).

Entre los restos ingeridos, el cráneo es el elemento más representado, seguido por extremidades como el fémur, tibiotarso, radio, tarsometatarso, carpometacarpo y por último escápulas, falanges y coracoides. Las patas son más abundantes que las alas. Los restos presentan un grado de fragmentación moderado, entre el 30 y 60%. Por último, las modificaciones, entre las que se encuentran bordes crenulados, marcas de pico y digestiones fuertes-extremas, se pueden encontrar en la mayoría de los elementos (Lloveras *et al.*, 2014c) (Figura 12).

Pasando a los restos no ingeridos, el esternón y la pelvis son los elementos más abundantes de todo el esqueleto. A diferencia de los restos ingeridos, las alas predominan a las patas y el torso a las extremidades. El porcentaje de fragmentación se mantiene igual, mientras que la presencia de modificaciones disminuye considerablemente (Lloveras *et al.*, 2014c).



Figura 12: Huesos de ave con marcas de pico realizadas por águila perdicera (A-F) y daños por digestión con corrosión extensa (G: fuerte, H: fuerte, I: extremo, J: extremo, K: extremo, L: fuerte) producidos por águila perdicera. (Fuente: Lloveras *et al.*, 2014c: 467).

5.6.6 Pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla*)

El pigargo europeo es una rapaz de gran envergadura que habita climas fríos y siempre cercanos a grandes masas de agua, de donde obtiene alimento. Actualmente reside en zonas al norte de Eurasia y se alimenta principalmente de aves acuáticas y peces. Los tamaños de las aves sobre las que depreda pueden oscilar entre polluelos o aves de talla pequeña como correlimos hasta grullas, cigüeñas y cisnes (Bochenski, 2005; Svensson *et al.*, 2010).

Los únicos estudios que se han realizado a partir de conjuntos generados por el pigargo europeo incluyen únicamente restos no ingeridos. Destacando la escasa fragmentación de los restos y su buena conservación, los elementos más abundantes son los esternones, escápulas, coracoides y húmeros en último lugar. Las alas están mejor representadas que las patas y se considera que esta ave deja un alto porcentaje de modificaciones por pico o garras, centrándose sobre todo en esternones o pelvis y húmeros (Figura 13) (Mlíkovski, 1996, 2009; Bochenski *et al.*, 2009).

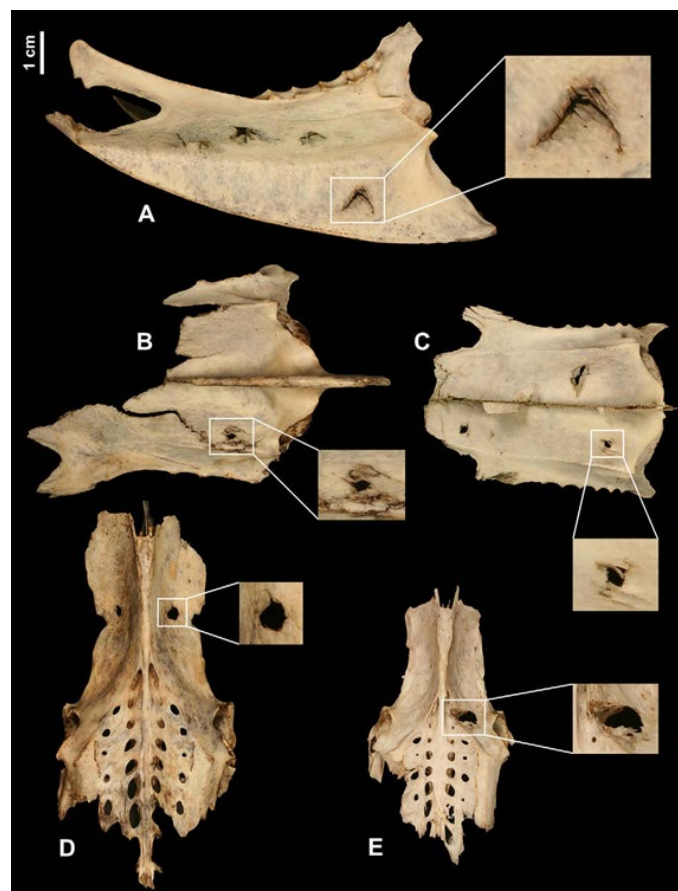


Figura 13: Perforación de huesos realizada por pigargo. A - esternón casi completo de *Mergus*, con agujeros en el *corpus* y la *crista sterni*; B - parte anterior del esternón de *Mergus* con un agujero en el lado izquierdo del *corpus sterni*; C - esternón casi completo de un pato, con varios agujeros en el *corpus sterni*; D - pelvis de un anseriforme, con agujeros en ambas ala *preacetabularis ilii*; E - pelvis de un anseriforme, con un agujero encima del *antitrocánter*. (Fuente: Bochenski *et al.*, 2009: 126).

5.6.7 Búho real (*Bubo bubo*)

El búho real es una de las rapaces nocturnas con más índice de éxito a la hora de obtener su presa. Suele habitar bosques y zonas con roquedos y puede anidar tanto en el suelo, como en árboles u oquedades en la roca. Su espectro de dieta es muy amplio, yendo desde pequeños mamíferos como topillos hasta liebres, a aves de pequeño y medio tamaño. Entre las aves, suele consumir pequeños passeriformes, rálidos, tetraónidos, anátidas y córvidos (Bochenski, 2005).



Figura 14: Modificaciones observadas en huesos de presas de diferentes tamaños en Saint-Vincent-la-Commanderie, incluyendo depresiones y perforaciones (a), bordes crenulados (a8, c, d4) y alteraciones por digestión (b, d). a1/a2 y a3/a4: húmeros proximales de *Columba sp.*; a5/a6: coracoides de *Columba sp.*; a7: húmero proximal de *Asio otus*; a8: húmero distal de un Strigiforme indeterminado, a9: ulna proximal de *Tyto alba*; b) carpometacarpos (b1, b2) y húmero (b3) de *Apus apus*; c) carpometacarpo de *Columba sp.* (d) húmero (d1, d2, d3/d4), carpometacarpo (d5, d6) y tibiotarso (d7) de *Columba sp.* (Fuente: Rufà y Laroulandie, 2019: 7).

Las acumulaciones de búho real son algunas de las más estudiadas de entre las otras aves rapaces. Se ha observado como predominan los huesos largos como el tarsometatarso, húmero y carpometacarpo. El número de elementos completos es moderado (entre 30-60%) y predominan sobre todo los elementos de las alas a los de las patas. Las extremidades están mejor representadas que los elementos del torso. Las modificaciones realizadas por esta ave se focalizan mayoritariamente en las epífisis de huesos como el húmero, llegando a tener una representación de alteraciones de casi el 20% en toda la muestra (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1997; Laroulandie, 2000, 2002; Rufà y Laroulandie, 2019) (Figura 14).

5.6.8 Búho chico (*Asio otus*)

El búho chico es otra rapaz nocturna cuya dieta es relativamente parecida a la del búho real. Esta ave suele habitar principalmente zonas boscosas con grandes espacios abiertos cercanos. También habitan en árboles o en grietas en paredes rocosas. Su dieta está compuesta principalmente por pequeños mamíferos, aunque en determinadas circunstancias ecológicas, las aves pueden predominar. El tamaño de las aves que caza puede variar de pequeños passeriformes a gallinetas (*Rallidae*), aunque raramente sus presas superan el tamaño de túrdidos (Bochenski, 2005, Svensson *et al.*, 2010).

Los pocos conjuntos estudiados (Bochensky y Tomek, 1994, 1997) generados por esta especie están compuestos por huesos ingeridos, en los que el húmero y la ulna son más abundantes. La relación “alas-patas” suele estar igualada, sin sobresalir ninguna de las dos. La integridad de la muestra puede oscilar entre el 30 y el 60% de huesos completos. Las alteraciones por digestión suelen presentar grados más bien ligeros (Bochensky y Tomek, 1994, 1997).

5.6.9 Cárabo común (*Strix aluco*)

El cárabo común es una rapaz nocturna que suele habitar principalmente bosques, que es donde también anida. Se vuelve muy territorial cuando sus pollos aún están en el nido y suele alimentarse de micromamíferos, insectos y otras aves (Svensson *et al.*, 2010).

El estudio actualista realizado por Bochenski *et al.* (1993) muestra con mucha exactitud los patrones de consumo del cárabo, comparándolo con los del búho real. Se observó que el cárabo tiende a acumular mayoritariamente húmeros, cráneos y mandíbulas de aves. De hecho, los cráneos, que son los elementos más abundantes en sus acumulaciones,

suelen presentar cierto grado de fragmentación en la parte occipital debido al método de depredación de esta rapaz. Otro punto interesante es que cuando menor sea el tamaño del ave depredada por el cárabo, menor es la fragmentación; por ende, cuando a talla del ave sea mayor, más fragmentada está.

5.7 Etología de carnívoros

Diversas especies de carnívoros también se alimentan de aves (Arilla *et al.*, 2020; Cavallini y Volpi, 1995; Lloveras *et al.*, 2008b; Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2016; Rufà y Laroulandie, 2020). Teniendo en cuenta los carnívoros que se han identificado en la Sierra de Atapuerca, algunos de ellos también pueden haber contribuido al conjunto avifaunístico estudiado. Estos carnívoros podrían ser: el lobo (Rosas *et al.*, 1998; García y Arsuaga, 1999; Huguet *et al.*, 2017) el lince (Rosas *et al.*, 1998; García y Arsuaga, 1999; Huguet *et al.*, 2017), el tejón (Llona y Andrews, 1999; García y Arsuaga, 1998) y, por último, el zorro (Rosas *et al.*, 1998; García y Arsuaga, 1998, 1999; Huguet *et al.*, 2017).

6. RESULTADOS

En este trabajo se han estudiado un total de 1877 restos avifaunísticos de los cuales 1796 (95,7%) se han identificado anatómicamente y 1688 (89,9%) anatómica y taxonómicamente.

6.1 Representación taxonómica y anatómica

Los taxones de aves identificados en este trabajo pertenecen a la familia *Accipitridae* (*Aquila chrysaetos*, *Aquila fasciata* y *Haliaeetus albicilla*), *Corvidae*, *Rallidae* y *Scolopacidae*. Algunos de los restos únicamente se han podido identificar a nivel de orden, como los 3 restos identificados como *Charadriiformes* (Tabla 6). En estudios taxonómicos previos se consiguieron identificar taxones que no han podido ser reconocidos en el presente trabajo (Rosas *et al.*, 2001, 2006; Sánchez-Marco, 2004; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2016).

	<i>Accipitridae</i>			<i>Charadriiformes</i>			<i>Scolopacidae</i>			<i>Rallidae</i>			<i>Corvidae</i>		
	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI
Cra													6	2	2
Cua													7	7	7
Man													7	4	4
Ver													88	88	4
Cos													3	3	1
Est													18	13	13
Fu													4	3	3
Co	2	2	2										115	77	49
Esc	3	3	2										50	45	24
Hu	1	1	1										156	90	56
Ul	1	1	1										285	185	96
Ra				1	1	1							88	68	40
Cu													7	7	7
Es													2	2	2
Cmc	6	6	4										169	149	80
Pe													34	26	26
Fe	1	1	1				1	1	1	1	1	1	129	106	54
Tbt	3	3	3										147	110	55
Fi													13	13	7
Tmt	10	8	6	2	2	2							177	138	88
Fa ant													41	40	13
Fa post	5	5	3										82	80	19
Ga													22	22	3
TOTAL	32	30	8	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1650	1278	96

Tabla 6: Valores de NISP, NME y NMI por taxones. Leyenda: CRA – cráneo; CUA – cuadrado; MAN – mandíbula; VER – vértebra; COS – costilla; EST- esternón; FU -fúrcula; CO – coracoides; ESC – escápula; HU – húmero; UL – ulna; RA – radio; CU – cuneiforme; ES – escafolunar; CMC – carpometacarpo; PE – pelvis; FE – fémur; TBT – tibiotarso; FI – fibula; TMT- tarsometatarso; FA ANT – falanges anteriores; FA POST – falanges posteriores; GA- garra.

La familia *Corvidae* es la más representada con un 97,8% en el caso de los NISP y un 97,3% para los NME. Los otros taxones identificados tienen una representación mucho más marginal. El grupo de *Accipitridae* con un 1,9% de NISP y un 2,3% de NME es el segundo más representado, mientras que entre los taxones de talla pequeña, el orden de los Charadriiformes es la que muestra valores de NISP y NME más alto, siendo estos de 3 (Tabla 6).

Otro dato destacable es la alta representación de elementos de las extremidades para todos los taxones. En el caso de los córvidos se aprecia una mayor variedad anatómica, la mayor parte del esqueleto está representado. De todas formas, estos altos valores se ven influenciados por la dificultad de identificar taxones de las tallas pequeña y grande.

Para el grupo de la familia *Corvidae*, se ha calculado un NME de 1278 y un NMI de 96. El elemento más representado es la ulna (NME=185), seguido del carpometacarpo (NME=149) y el tarsometatarso (NME=138). Entre los Charadriiformes el elemento más abundante es el tarsometatarso (NME=2), seguido del radio (NME=1). Mientras que las familias *Scolopacidae* y *Rallidae* presentan un mismo NME de 1 y NMI de 1, ambos casos determinados por un fémur (Tabla 6).

El grupo de *Accipitridae* está formado por 32 restos que corresponden a 30 elementos y 8 individuos. Dentro de esta familia se han podido identificar diferentes especies (Tabla 7).

Empezando por las especies identificadas, el pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla*) presenta un NME y un NMI de 1 con una única escápula. El águila real (*Aquila chrysaetos*) ocupa el segundo puesto en cantidad de NME, con un total de 6, formado mayoritariamente por tarsometatarsos (NME=4) y un NMI de 3. El águila perdicera (*Aquila fasciata*) es la especie con un NME más elevado, llegando a los 13 elementos. Este NME está formado principalmente por carposmetacarpos (NME=5), tarsometatarsos y escápulas (NME=2). El NMI de esta especie suma un total de 3 individuos, como la anterior especie mencionada. Por último, el águila calzada (*Aquila pennata*) presenta un NME de 2 y un NMI de 1. Los elementos asociados a esta especie son un coracoides y un carpo/metacarpo.

Para el grupo de *Aquila sp.* el NME llega a 5, siendo el tarsometatarso el elemento más abundante (NME=2) y con un NMI de 1. En este grupo se ha incluido un resto que estaba

identificado como *Aquila fasciata/chrysaetos*, pero debido a la dificultad de poder asociarlo a una única especie, se ha optado por considerarlo *Aquila sp.*

	<i>Accipitridae indet</i>			<i>Aquila sp.</i>			<i>Haliaeetus albicilla</i>			<i>Aquila fasciata</i>			<i>Aquila chrysaetos</i>			<i>Aquila pennata</i>		
	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI
Cra																		
Cua																		
Man																		
Ver																		
Cos																		
Est																		
Fu																		
Co										1	1	1				1	1	1
Esc							1	1	1	2	2	1						
Hu										1	1	1						
Ul										1	1	1						
Ra																		
Cu																		
Es																		
Cmc										5	5	3				1	1	1
Pe																		
Fe				1	1	1												
Tbt				1	1	1							2	2	2			
Fi																		
Tmt				3	2	1				3	2	2	4	4	3			
Fa ant																		
Fa post	3	3	1	1	1	1				1	1	1						
Ga																		

Tabla 7: Valores de NISP, NME y NMI por taxones identificados dentro del grupo *Accipitridae*.

Por último, se han identificado 3 restos que no se han podido asociar a ninguna especie en concreto, por lo que se han incluido en el grupo *Accipitridae indet*, que presenta un NME de 3 formado únicamente por falanges posteriores, con un NMI de 1.

6.2 Edades

Los individuos adultos suman un NMI de 98 en toda la muestra mientras que los individuos inmaduros alcanzan los 10 individuos (NMI). De entre los 18 elementos asignados a individuos inmaduros, uno pertenece a un ave de talla grande y 17 a individuos de talla media. De entre estos 17 elementos, se han recuperado diferentes restos (húmero, fémur, vertebra y fragmento de esternón) de un mismo individuo.

6.3 Tallas de peso

Seguidamente, se han aplicado los mismos cálculos para las tallas de peso. Vemos que los restos, elementos e individuos de aves de talla media son los más abundantes seguidos por los de talla grande y finalmente los de talla pequeña (Tabla 8; Figura 15)

	Talla grande			Talla media			Talla pequeña		
	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI	NISP	NME	NMI
Cra				6	2	2			
Cua				7	7	7			
Man	5	3	3	7	4	4			
Ve	5	5	1	88	88	4			
Cos				3	3	1			
Est	2	2	2	18	13	13			
Fu				4	3	3			
Cor	3	2	2	115	77	49	3	3	2
Esc	3	3	2	50	45	24			
Hu	3	2	2	156	90	56	4	4	3
Ul	8	5	3	287	185	96	6	5	4
Ra	1	1	1	89	68	40	1	1	1
Cu	1	1	1	7	7	7			
Es	1	1	1	2	2	2			
Cmc	6	6	4	170	149	80	3	3	3
Pe	1	1	1	34	26	26			
Fe	4	3	3	129	106	54	5	4	3
Tbt	3	3	3	147	110	55	2	2	2
Fi				13	13	7			
Tmt	13	8	6	177	138	88	11	9	5
Cal	1	1	1						
<i>Fal ant</i>				41	40	13			
<i>Fal post</i>	33	29	3	82	80	19			
Ga	15	15	2	22	22	3			
Largo	3			69			2	1	1
Plano				2					
TOTAL	111	91	8	1725	1278	96	37	32	5

Tabla 8: Valores de NISP, NME y NMI por tallas de peso.

La talla grande presenta un total de NME de 91 y un NMI de 8. Los elementos más abundantes pertenecen a las extremidades posteriores, siendo las falanges (NME=28), las garras (NME=15) y los tarsosmetatarsos (NME=11) los que presentan valores más altos. Entre los elementos de las extremidades anteriores, destacan sobre todo el carpometacarpo (NME=6) y la ulna (NME=5). Por otra parte, elementos craneales y axiales como costilla, fúrcula o el propio cráneo, no están representados. Más adelante se observará como, pese a que las falanges posteriores y las garras son los elementos más abundantes para esta talla, no son los más representados.

Para la talla media, el NME asciende a 1278, con un NMI de 96. Pese a que los valores del grupo de los córvidos y de la talla media son los mismos, en la tabla 3 se han tenido en cuenta para el NISP los huesos largos y planos no identificados taxonómicamente pero sí por talla.

En cuanto a la talla pequeña, esta agrupación acumula un NME total de 33 y un NMI de 5. Los elementos más abundantes son los tarsosmetatarsos (NME=9), las ulnas (NME=5) y los fémures (NME=4).

A nivel gráfico puede observarse claramente la diferencia de presencia de elementos de la talla media en relación con las tallas grande y pequeña (Figura 15). Como se ha comentado previamente, las ulnas de talla media suponen el elemento más abundante de todo el conjunto, mientras que los elementos craneales y axiales son menos abundantes para las tres tallas de peso.

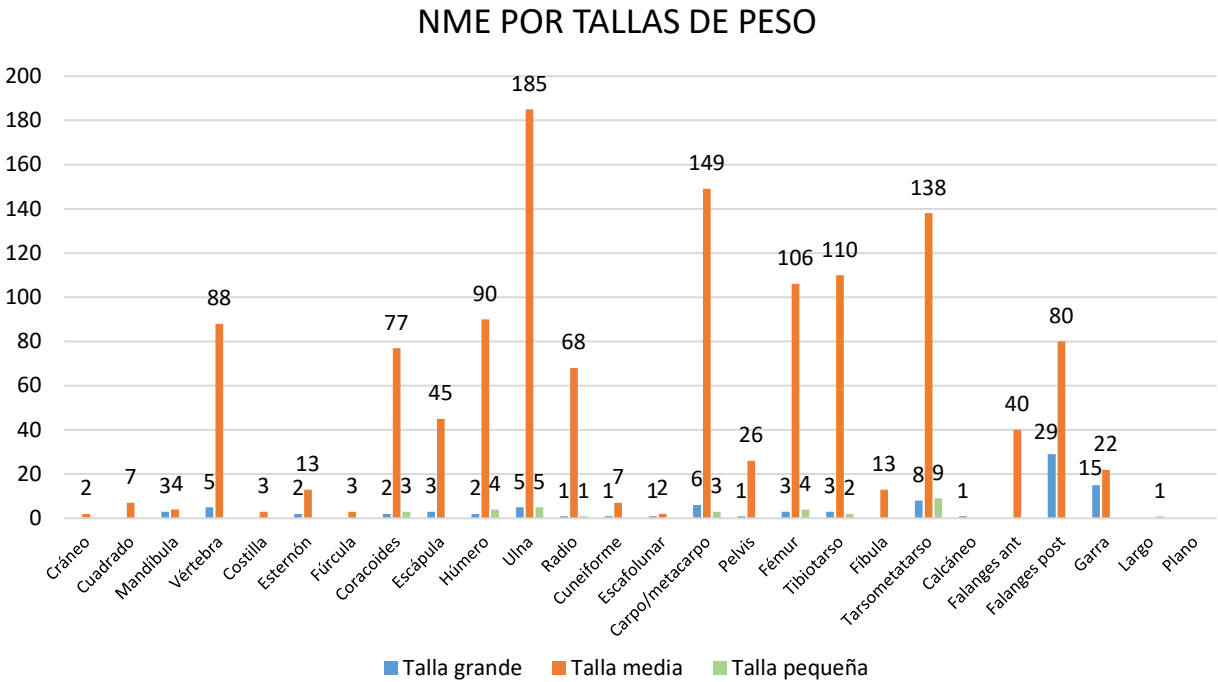


Figura 15: Número Mínimo de Elementos (NME) por tallas de peso.

En cuanto a las ratios esqueléticas, los resultados muestran que si analizamos toda la acumulación sin diferenciar tallas de peso apreciamos que predominan las alas a las patas, las extremidades al torso y los elementos distales a los proximales (Tabla 9). Aun así, se puede apreciar como la ratio torso/extremidades es la única que tiene unos porcentajes más desproporcionados.

	ALAS/PATAS		TORSO/EXTREMIDADES		PROXIMAL/DISTAL	
	%	Ratio	%	Ratio	%	Ratio
TALLA GRANDE	48,1	Alas<patas	22,2	Torso<extremidades	39,4	Proximal<Distal
TALLA MEDIA	54,5	Alas>patas	16,0	Torso<extremidades	44,2	Proximal<Distal
TALLA PEQUEÑA	44,4	Alas<patas	10,7	Torso<extremidades	41,9	Proximal<Distal
GENERAL	58,3	Alas>patas	17,8	Torso<extremidades	45,5	Proximal<Distal

Tabla 9: Ratios esqueléticas por tallas de peso.

Si analizamos las ratios esqueléticas representadas en la acumulación teniendo en cuenta los grupos de aves por tallas de peso apreciamos que en las tres prevalecen las extremidades al torso y los elementos distales a los proximales. Sin embargo, en la ratio alas/patas encontramos diferencias entre tallas. En las aves de talla grande y pequeña predominan las patas a las alas, mientras que las aves de talla media presentan un valor ligeramente más elevado de elementos de las alas sobre los de las patas, en parte debido a la gran abundancia de ulnas que presenta este grupo. El tarsometatarso también juega un papel importante en la ratio de elementos proximales/distales para las tallas grande y pequeña. Observando la talla media en esta ratio, son el húmero y el fémur los que equilibran la proporción con los valores de los distales.

Entrando a comentar más en profundidad cada ratio, las tres tallas presentan valores cercanos al 50% para las alas/patas, siendo la talla pequeña la que se distancia un poco más (44,4%). Esto significa que realmente el equilibrio entre alas y patas no está muy descompensado.

En el caso de la ratio del torso/extremidades es donde se observa una tendencia muy marcada para las tres tallas; la alta presencia de extremidades genera un desequilibrio muy notable. La talla grande es la que presenta una proporción más elevada de elementos del torso con un 22,2%. La talla pequeña es la que presenta un porcentaje mucho más exagerado, sin apenas representación de elementos del torso con 3 coracoides. Esto resulta comprensible si se tiene en cuenta la gran fragilidad de elementos del torso como pelvis, esternones o escápulas de aves de tallas pequeñas. Su casi nula representación en el conjunto podría traducirse como un caso de conservación postdeposicional o bien por su tendencia a no preservarse en casos de acumulación por rapaz.

Pasando la última ratio de elementos proximales/distales, las tres tallas se encuentran en un rango de separación del 5%. Los elementos clave que equilibran la ratio a favor de los elementos distales son la ulna, el tarsometatarso y el carpometacarpo. En concreto, el tarsometatarso juega un papel importante para la talla grande y pequeña, siendo el elemento más abundante. Por otra parte, la talla media muestra un porcentaje más equilibrado, en parte debido a la presencia de húmeros y fémures de esta talla en el conjunto.

6.4 Integridad de la muestra

6.4.1 %MAU

Las tres tallas de peso presentan algunas semejanzas en lo que a representatividad de elementos respecta (Figura 16, Tabla 10).

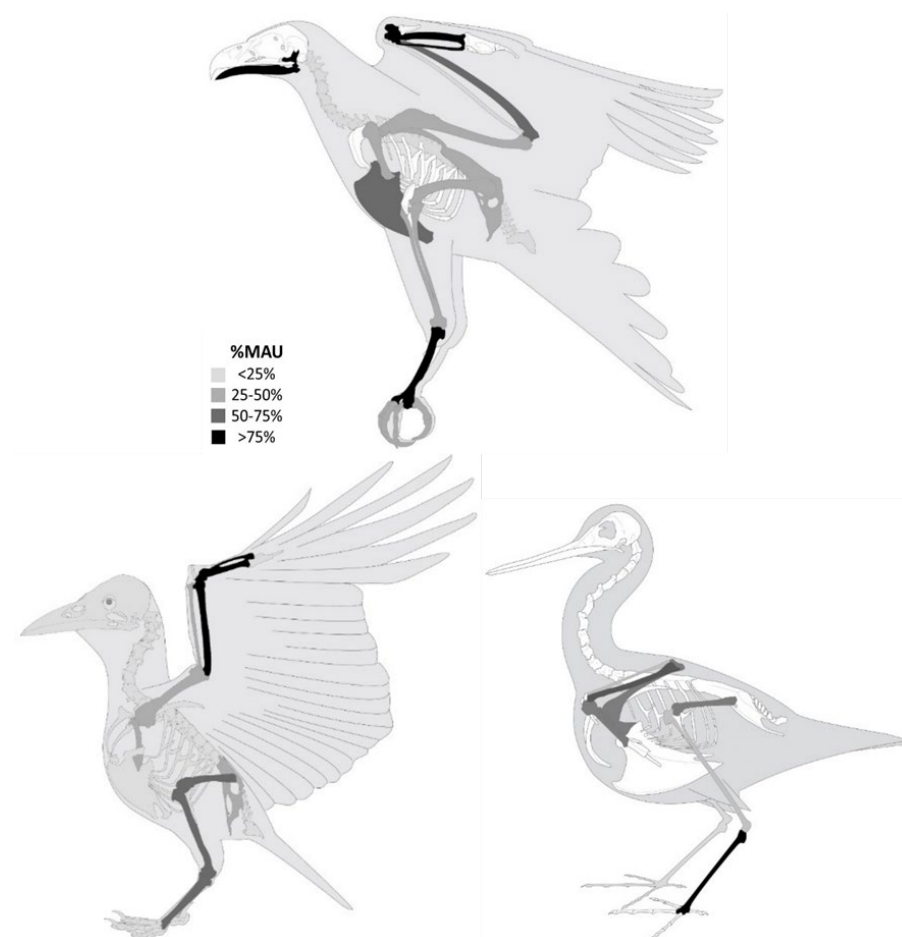


Figura 16: Representación del % de MAU por rangos y tallas de peso.

Empezando por la talla grande, el elemento mejor representado es el tarsometatarso (100%) a diferencia de las falanges posteriores (36,3%) y las garras (46,9%) que por el contrario eran los elementos más abundantes. Este tipo de cálculos ayuda a comprender de una forma más exacta cuales son los valores de representación de cada elemento del esqueleto. Hay que destacar la alta presencia también del carpometacarpo y la mandíbula con un porcentaje alto, del 75%, seguidos por la ulna (62,5%). Las vértebras (6,3%) presentan el valor más reducido de toda la talla.

Siguiendo con la talla media, además de ser el elemento más abundante la ulna (100%) también es el mejor representado. De todas formas, el carpometacarpo (80,5%) y el

tarsometatarso (75%) también presentan valores altos. Los elementos peor representados son los craneales, que no superan el 5% de representatividad.

Para la talla pequeña, como con la talla grande, el tarsometatarso es el elemento mejor representado (100%), le siguen la ulna (55,6%), el húmero y el fémur (44,4%). En este caso, el radio es el elemento peor representado (11,1%).

	TALLA GRANDE		TALLA MEDIA		TALLA PEQUEÑA	
	MAU	%MAU	MAU	%MAU	MAU	%MAU
CRÁNEO			2	2,2		
CUADRADO			3,5	4		
MANDÍBULA	3	75,0	4	4,3		
VÉRTEBRA	0,3	6,3	4,4	5		
COSTILLA			0,2	0,2		
ESTERNÓN	2	50,0	13	14		
FÚRCULA			3	3,2		
CORACOIDES	1	25,0	38,5	42	1,5	33,3
ESCÁPULA	1,5	37,5	22,5	24,3		
HÚMERO	1	25,0	45	49	2	44,4
ULNA	2,5	62,5	92,5	100,0	2,5	55,6
RADIO	0,5	12,5	34	37	0,5	11,1
CUNEIFORME	0,5	12,5	3,5	3,8		
ESCAFOLUNAR	0,5	12,5	1	1		
CARPO/METACARPO	3	75,0	74,5	80,5	1,5	33,3
PELVIS	1	25,0	26	28		
FÉMUR	1,5	37,5	53	57,3	2	44,4
TIBIOTARSO	1,5	37,5	55	59	1	22,2
FÍBULA			6,5	7,0		
TARSOMETATARSO	4	100,0	69	75	4,5	100
CALCÁNEO	0,5	12,5				
FALANGES ANT			5	5		
FALANGES POST	1,45	36,3	4,1	4,4		
GARRA	1,9	46,9	2,75	3		

Tabla 10: Valores de MAU y %MAU por tallas de peso.

Pasando a comparar los valores de las diferentes tallas apreciamos que la talla grande y pequeña presentan una misma representación de tarsometatarso, que es un poco más baja para la talla media. Este elemento es el que tiene una representatividad más parecida entre todas las tallas, pese a que en el caso de la talla media no sea el mejor representado.

Las tres tallas tienen el esqueleto craneal y axial mal representado, a excepción de las mandíbulas y esternones de la talla grande, que sobrepasan notablemente las otras dos. En el caso de las falanges posteriores y garras, la talla media tiene una presencia muy escasa a diferencia de las de la talla grande. Por otra parte, mientras que la talla media

tiene, al menos, una baja representatividad de falanges anteriores, es destacable como estas no están presentes en la talla grande. En el caso de las falanges posteriores y garras para la talla grande y media y su nula representatividad para la talla pequeña, puede indicar un caso de conservación diferencial. No obstante, la sobrerrepresentación de elementos como la mandíbula y esternón para la talla grande y no en las demás, puede estar relacionada con posibles patrones de consumo por parte de rapaces de talla grande sobre aves de tallas media y pequeña.

6.4.2 Abundancia Relativa (%)

Pasando a los valores de %AR por taxones identificados (Tabla 11), estos valores ayudarán valorar la integridad de la muestra.

	ACCIPITRIDAE	AQUILA SP.	HALIAEETUS ALBICILLA	AQUILA FASCIATA	AQUILA CHRYSAETOS	AQUILA PENNATA	CHARADRIIFORMES	SCOLOPACIDAE	RALLIDAE	CORVIDAE
CRA										2,1
CUA										3,6
MAN										4
VER										4,6
COS										0,2
EST										13,5
FU										3
CO				16,7		50				40,1
ESC			50	33,3						23,4
HU				16,7						46,9
UL				16,7						96,4
RA							25			35,4
CU										3,6
ES										1
CMC				83,3		50				78
PE										27,1
FE		50						50	50	55,2
TBT		50			33,3					57
FI										6,8
TMT		100		33,3	66,7		50			71,9
FA ANT										5,2
FA POST	15	5		1,7						4,2
GA										3

Tabla 11: Valores de Abundancia Relativa % por taxones.

Comenzando por el grupo de *Accipitridae*, es necesario mencionar que la presencia únicamente de huesos largos y falanges para los taxones identificados se debe a problemas de identificación. Para el grupo *Accipitridae*, su índice de supervivencia se sitúa en un 15% representado únicamente por falanges posteriores. Por otra parte, para el siguiente grupo de *Aquila sp.* los valores indican una supervivencia del 100% de los tarsosmetatarsos y de un 5% para las falanges posteriores. En el caso del pigargo, su porcentaje para las escápulas se sitúa al 50% en el índice de supervivencia. El águila

perdicera es el accipítrido que presenta unos valores más repartidos, aunque el carpometacarpo es el mejor representado (83,3%) y las falanges posteriores vuelven a ser los elementos con un porcentaje más bajo (1,7%). Los únicos elementos representados para el águila real son de las extremidades posteriores, en concreto el tarsometatarso (66,7%) y el tibiotarso (33,3%). Acabando con las águilas, el águila calzada presenta valores del 50% para los dos únicos elementos que se han podido atribuir a esta especie: el coracoides y el carpometacarpo.

Los valores de %AR para los taxones de talla pequeña no superan el 50% de representatividad. Es el caso de un valor del 50 y el 25% del tarsometatarso y el radio para el orden de los *Charadriiformes*. Las familias *Scolopacidae* y *Rallidae* también ven limitado su valor al 50% del fémur.

Los valores de supervivencia guardan ciertas semejanzas entre las tres tallas de peso pero a la vez cada una sigue una línea de tendencia propia. Los porcentajes más altos se encuentran en las tallas media y pequeña, mientras que la talla grande no sobrepasa un máximo de 57% (Tabla 12, Figura 17).

	TALLA GRANDE	TALLA MEDIA	TALLA PEQUEÑA
CRA		2,1	
CUA		3,6	
MAN	43	4	
VE	4	4,6	
COS		0,2	
EST	29	13,5	
FU		3	
COR	14	40,1	30
ESC	21	23,4	
HU	14	46,9	40
UL	36	96,4	50
RA	7	35,4	10
CU	7	3,6	
ES	7	1	
CMC	43	78	30
PE	14	27,1	
FE	21	55,2	40
TBT	21	57	20
FI		6,8	
TMT	57	71,9	90
CAL	7		
FAL ANT		5,2	
FAL POST	21	4,2	
GA	26,8	3	

Tabla 12: Valores de abundancia relativa (%) por tallas de peso.

Para las aves de talla grande, el tarsometatarso es el elemento anatómico mejor representado (57%), seguido de la mandíbula y el carpometacarpo (43%). El valor más bajo para esta talla es el de las vértebras, con un 4%. Los demás elementos, a excepción de los carpales, el radio y los tarsales, tienen unos porcentajes de representación anatómica similares. Se puede apreciar como las extremidades posteriores, incluidas las falanges posteriores y garras, están mejor representadas que las alas. Hay que destacar también el alto valor de la mandíbula en comparación con las otras tallas, en las que este valor es muy bajo o bien nulo.

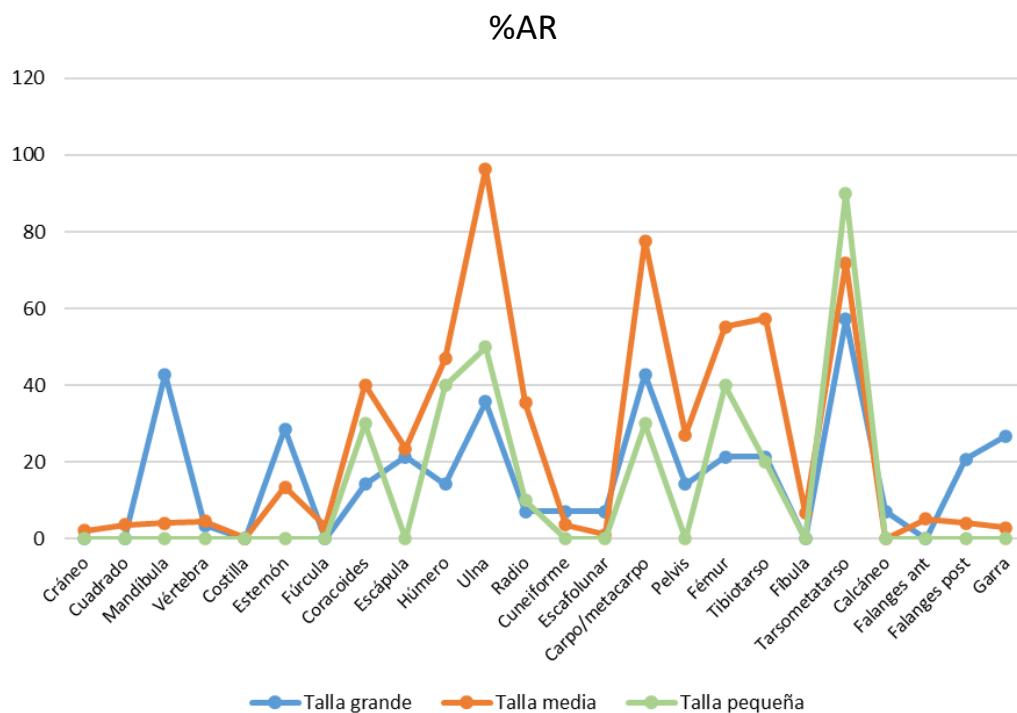


Figura 17: Gráfico de Abundancia Relativa (%) por tallas de peso.

Los resultados del índice de abundancia relativa indican que las aves de talla media presentan una buena representatividad de elementos dentro de la muestra, aunque no se tiene que obviar que existe cierta desigualdad para la representación de distintos elementos anatómicos. En este caso, la ulna es el elemento con más representación, llegando al 96,4%, con valores ligeramente inferiores, le siguen el carpometacarpo (78%) y el tarsometatarso (71,9%). Pese a que alas y patas puedan tener una representación muy similar, la balanza se inclina a favor de las alas, en parte debido a la alta representatividad de la ulna y el carpometacarpo. Los otros huesos largos como el húmero (46,9%), fémur (55,2%) o tibiotarso (57%) muestran valores muy similares de conservación, entre el 46-57%. Tal y como ya se pudo observar en los resultados del %MAU, el esqueleto craneal

y axial sigue teniendo una representación muy marginal, como es el caso de las costillas (0,2%) o el cráneo (2,1%).

El cálculo del porcentaje de índice de abundancia relativa a partir del total de individuos de cada talla ayuda a comprender cuál de las tallas presenta una mejor conservación con relación a los elementos presentes y el NMI calculado (Figura 18). Pese a que se hayan identificado 111 restos de talla grande frente a los 1725 de talla media, el primer grupo presenta un buen grado de conservación teniendo en cuenta la abundancia de restos. En este caso, se puede apreciar como el valor de la talla grande (10,8%) es cercano al de la talla media (13%). Estos valores reflejan como el grado de conservación puede depender de distintos factores, como por ejemplo la talla de peso de los taxones acumulados en el depósito. Por último, la talla pequeña presenta un porcentaje de conservación sutilmente inferior que las otras tallas (6,1%). Esto puede estar relacionado con las propias características frágiles de las aves de talla pequeña, o bien por los procesos de acumulación que los ha incorporado al conjunto.

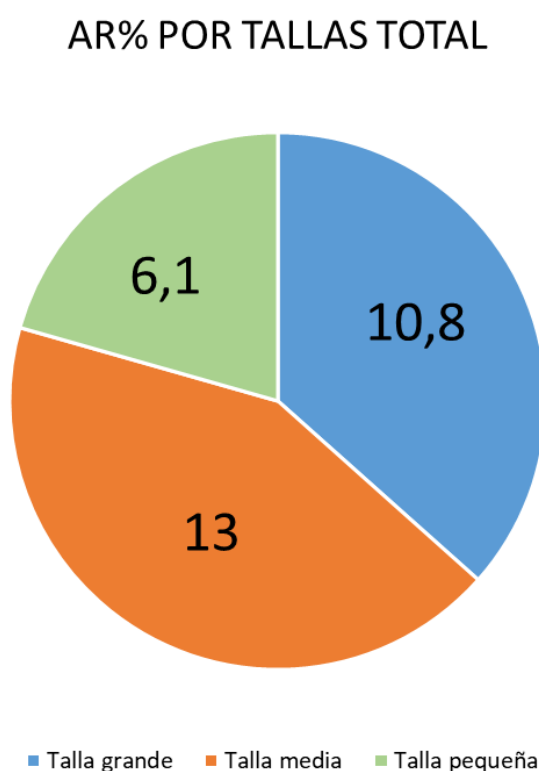


Figura 18: Valores de %AR de todos los individuos por tallas de peso.

6.5 Fragmentación de los restos

Las medidas de los restos avifaunísticos estudiados en este trabajo comprenden desde los 9 mm hasta los 220 mm, con una longitud media de 34,21 mm. Sin embargo, teniendo en cuenta el alto grado de fragmentación moderna (66.5%) debido a los trabajos de extracción de los fósiles, sólo vamos a analizar en este apartado los restos completos 20,5% o con fractura antigua 13,1%.

Observando los rangos de medidas por tallas se puede apreciar como la talla media presenta una línea de tendencia mejor distribuida (Figura 19). Para la talla grande, la mayoría de las longitudes de los elementos se encuentran en rangos de 6 a 30 mm. La talla media refleja una distribución de rangos más heterogénea, concentrándose la mayoría de los restos entre los 21 y 40 mm. Por último, la talla pequeña presenta una peor distribución entre los 6 y 45 mm, donde la mayoría se sitúan entre los 16 y los 20 mm.

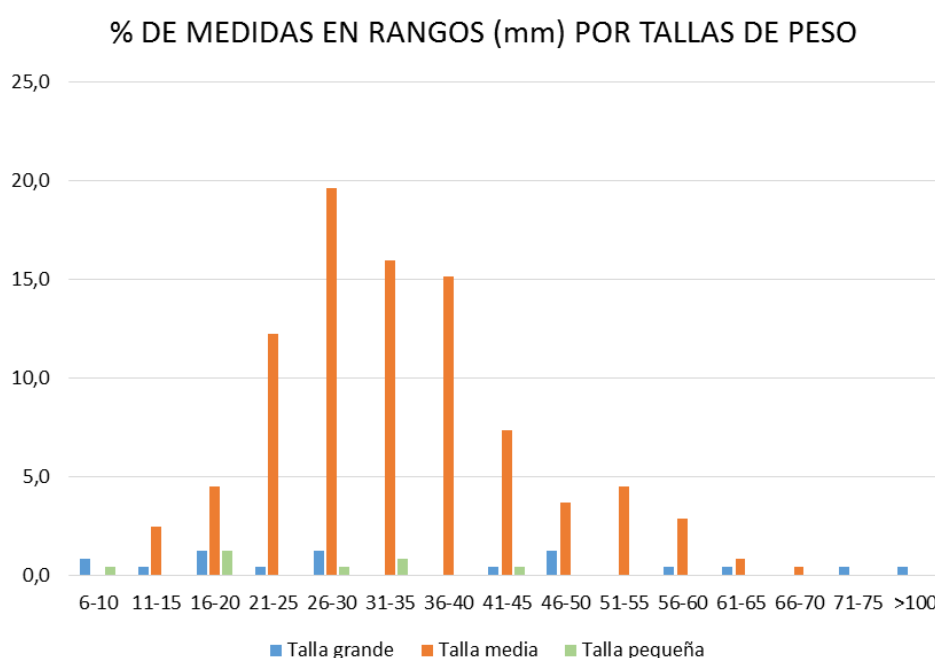


Figura 19: Porcentajes, en rangos de medidas, de restos completos y con fractura antigua por tallas de peso.

El coracoides (4,9%), fémur (3,6%) y carpometacarpo (3,3%) son los elementos que suman unos mayores porcentajes de restos completos (Figura 20). Les siguen el húmero (1,4%) y la ulna (1,1%), estando el resto de elementos por debajo del 1% de completos. Por otra parte, el cráneo, mandíbula, esternón y la escápula no presentan ningún resto completo, aunque sí con fractura antigua.

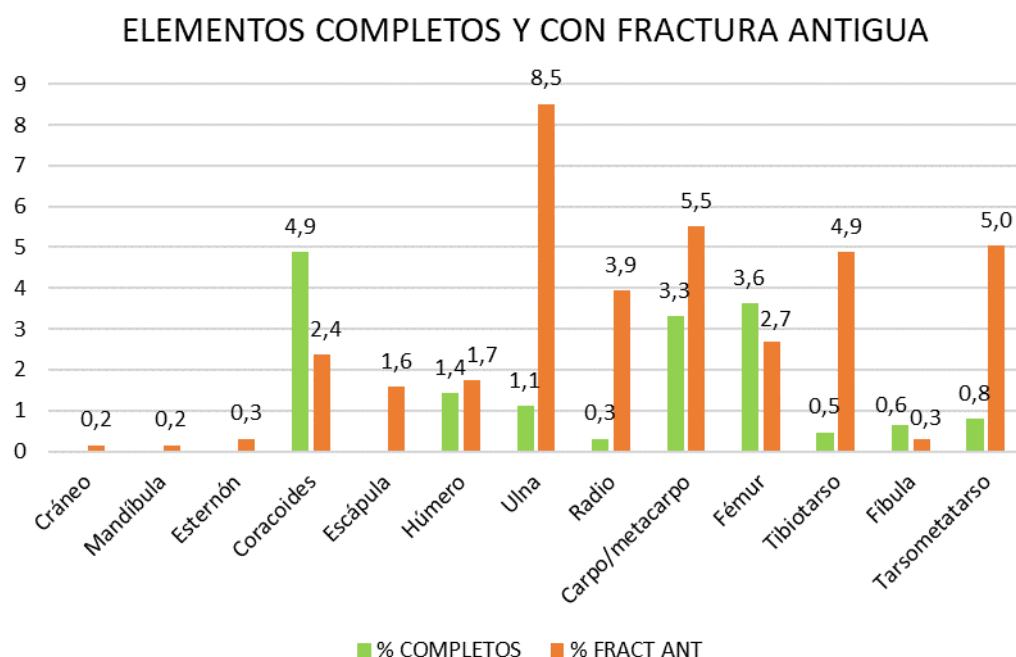


Figura 20: Porcentaje de restos completos y con fractura antigua, clasificados por rangos en mm.

Pasando a los porcentajes de fracturas antiguas, la ulna (8,5%), el carpometacarpo (5,5%), el tarsometatarso (5%) y tibiotarso (4,9%) son los elementos que presentan un valor más elevado. Exceptuando el radio con un 3,9%, el resto de los elementos presenta valores inferiores al 3%, llegando algunos a un mínimo de 0,2%. Aunque entre estos elementos hay más cantidad de fracturas antiguas, también hay un porcentaje, aunque bajo, de completos. Es necesario mencionar que los restos de los que no se han recuperado elementos completos, o bien no presentaban fractura antigua, no han sido incluidos en la figura 20.

6.6 Modificaciones en la superficie de los huesos

Entre las modificaciones documentadas en la superficie de los huesos se han diferenciado aquellas de origen biológico, causadas por un predador, de las postdeposicionales.

6.6.1 Modificaciones por predador

Las modificaciones sobre los restos de avifauna relacionados con la actividad de depredadores que se han documentado en este conjunto se relacionan con la digestión de los restos, las marcas de pico como perforaciones, depresiones o picoteo y por último arrastres y levantamientos.

6.6.1.1 Digestión

Un total de 52 restos (2,7% en toda la muestra) presentan modificaciones por digestión. Teniendo en cuenta los porcentajes dentro de cada talla, la talla pequeña es la que presenta un valor más alto con un 29,7% de restos digeridos. Le sigue la talla media con un 2,3% y por último la talla grande con un 1,8%.

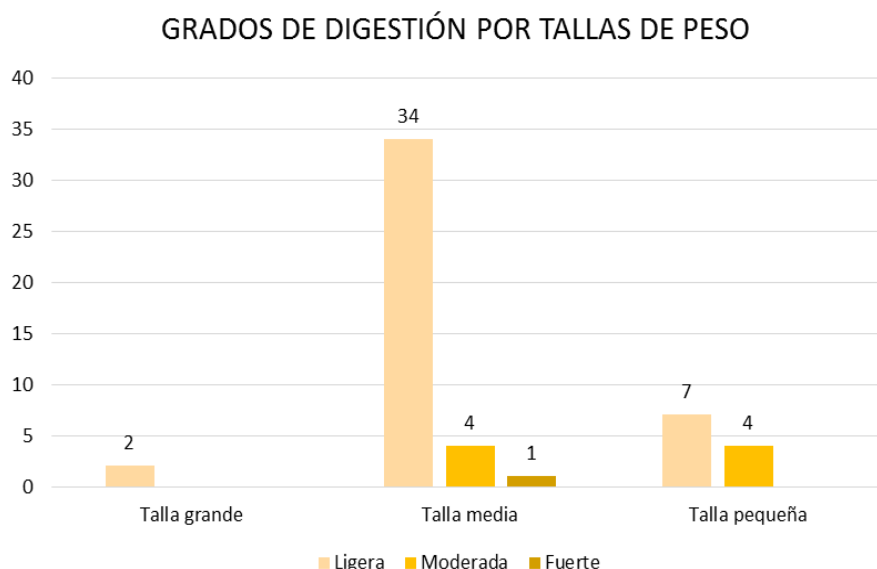


Figura 21: Total de restos con diferentes grados de digestión repartidos por tallas de peso.

Siguiendo con los distintos grados de digestión, se observa una ligera variabilidad (Figura 21). La talla grande es la que presenta un valor de digestión más bajo, con únicamente dos restos con digestiones de grado ligero. La talla media es la que presenta más variedad de grados; el grado ligero reúne la mayoría de los restos, con un total de 34. Le siguen 4 restos con digestión moderada y uno con grado fuerte, el único de todo el conjunto. La talla pequeña ve repartidos sus grados de una manera similar a la talla media: el grado ligero es el más abundante con un total de 7 restos, seguido de 4 de grado moderado. De forma general, los grados ligeros predominan en las tres tallas, seguidos del moderado (tallas media y pequeña) y el fuerte (talla media) (Figura 22).

Del mismo modo que con los grados de digestión, también es importante destacar sobre qué elementos existen rastros de este tipo de alteración (Figura 23). La talla grande únicamente presenta dos restos digeridos, ambos resultan ser primeras falanges posteriores del primer dígito. En segundo lugar, la talla media presenta digestiones en casi todos los elementos de las alas y patas exceptuando algunas falanges, carpales y tarsales. También se incluyen elementos craneales como una mandíbula y axiales como el coracoides y escápula. La ulna (7) y el coracoides (6) son los elementos con más signos

de digestión, seguidos del tarsometatarso (5) y falanges posteriores (5). Huesos largos como el húmero, fémur y la fibula, elementos axiales como la escápula o craneales como la mandíbula, únicamente presentan 1 resto cada uno con marcas de digestión. Por último la talla pequeña suma más restos digeridos en el tarsometatarso (4) y la ulna (3). El húmero (1) y el tibiotarso (1) son los restos más escasos con este tipo de alteración.

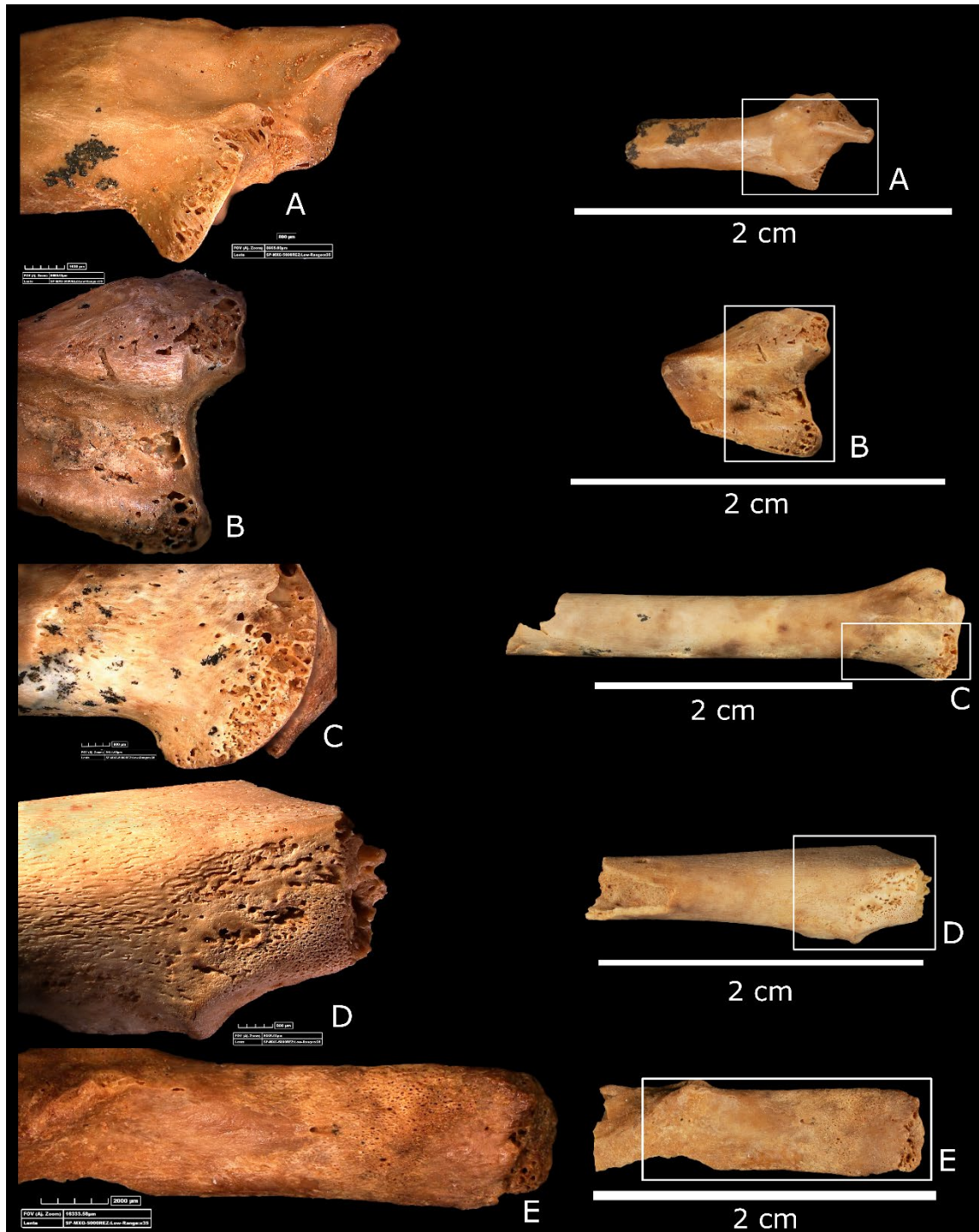


Figura 22: Alteraciones de diversos grados por digestión. A: grado ligero en epífisis proximal de ulna de talla pequeña; B: grado moderado en epífisis distal de fémur de talla pequeña; C: grado moderado en epífisis distal de ulna de talla pequeña; D: grado moderado en metáfisis proximal de coracoides de talla media; E: grado fuerte en mandíbula de talla media.

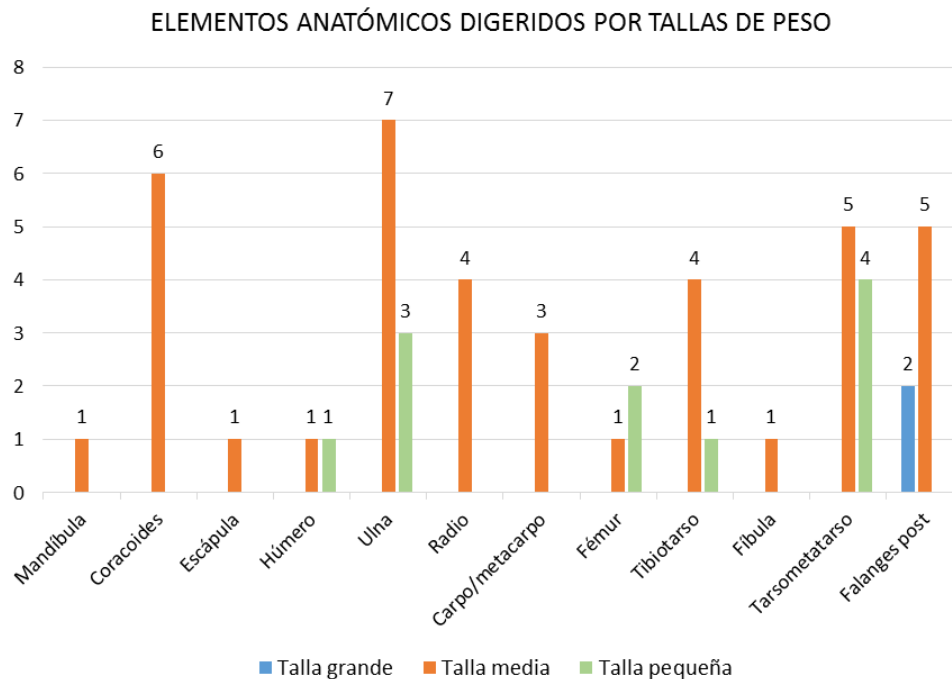


Figura 23: Total de restos digeridos por elemento anatómico y talla de peso.

Si se tienen en cuenta los dos únicos restos digeridos de la talla grande, guardan cierto sentido si se considera que las falanges tienen unas medidas muy inferiores al resto de los elementos esqueléticos de un ave de talla grande. Ello comporta que dicho elemento sea más fácil de ser ingerido en su totalidad que un hueso largo. La talla media permite ver cierta línea de tendencia: las digestiones se centran sobre todo en elementos de las alas, seguidos de las patas por muy poca diferencia. Sucede lo contrario con la talla pequeña: predominan las patas con elementos digeridos a las alas.

6.6.1.2 Marcas de Pico

En todo el conjunto se han documentado diversos tipos de modificaciones por pico. Se han podido identificar un total de 278 marcas (14,8% en toda la muestra) localizadas en tallas y elementos diferentes (Figura 24).

La talla grande presenta un total de 11 restos con modificaciones por picos, que suponen un 9,9% de los restos de toda la talla. Las falanges posteriores son las que presentan un número más elevado de modificaciones, 5 en total. Les siguen elementos de las patas como el fémur y tibiotarso con dos restos, y el húmero y esternón con una.

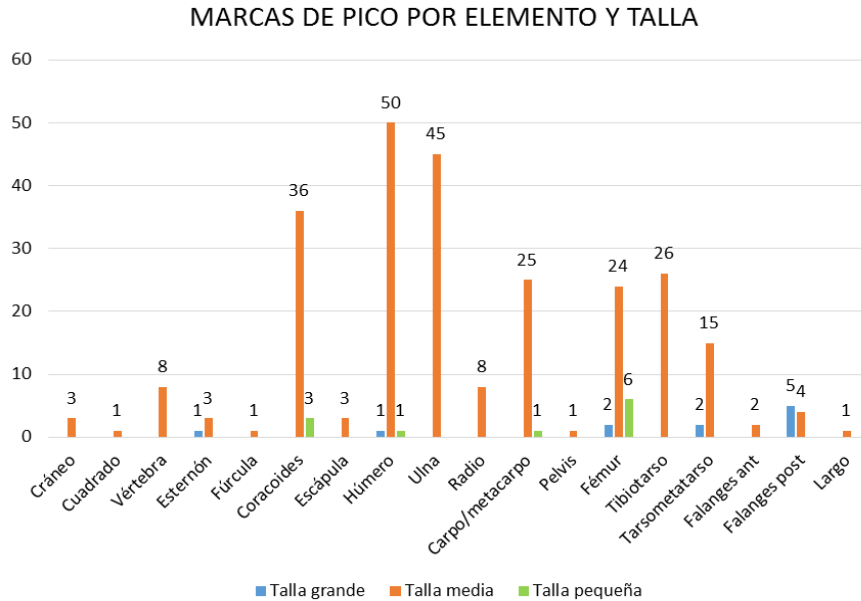


Figura 24: Total de marcas de pico por elemento anatómico y talla de peso.

En la talla media se concentran la gran mayoría de este tipo de modificación en todo el conjunto. Las marcas de pico se han encontrado en 256 restos, que suponen un 14,8% de toda la talla media. Elementos del ala como el húmero (50), la ulna (45), coracoides (36) o el carpometacarpo (25) presentan un mayor número de marcas de pico. El segmento de las extremidades posteriores también reúne una segunda acumulación de marcas de pico, centradas en el tibiotarso (26), fémur (25) y tarsometatarso (15). Aunque sea en menor medida, elementos del esqueleto craneal y axial también presentan estas modificaciones. Por último, la talla pequeña es la que presenta un porcentaje de restos con modificaciones por pico más alto en todo el conjunto, llegando a un 29,7% de toda la talla. La gran mayoría de estas modificaciones se encuentran en el fémur (6), seguido del coracoides (6), carpometacarpo y húmero (1).

La talla grande parece que sigue cierto patrón con las modificaciones observadas en las falanges posteriores. En el apartado anterior ya se mencionó como eran los únicos elementos que presentaban alteraciones por digestión; en este caso, también son los elementos que presentan más modificaciones, específicamente realizadas por la acción del pico de las aves predatoras. En particular, una de las 5 falanges que presenta marcas de pico, es una de las que también presentaba un grado de digestión ligero. Además, observando los demás elementos, se aprecia como uno de los dos únicos esternones identificados para la talla grande presenta marcas de pico. Sucede lo mismo con los húmeros de esta talla (3 NISP), de los que uno presenta marcas de pico.

La mayoría de las modificaciones de la talla media se encuentran en las alas, aunque más concretamente, se concentran en la cintura escapular que conforman el coracoides, escápula y húmero. Es necesario hacer especial énfasis en las modificaciones halladas en elementos como el cráneo (6 NISP), mandíbula (7 NISP) o fúrcula (4 NISP). Si se tienen en cuenta el total de restos recuperados de cada elemento, el porcentaje de huesos con marcas de pico asciende al 50% para el total de cráneos recuperados, el 25% de las fúrculas y el 14,3% de las mandíbulas.

Con las aves de talla pequeña ocurre algo similar, ya que teniendo en cuenta el total restos recuperados, la proporción de alteraciones es elevada. Esto se observa en que un 80% de los fémures y un 66,6% de los coracoides identificados de talla pequeña presentan marcas de pico.

El hecho de encontrar restos con marcas de pico entre elementos que son notablemente escasos en toda la muestra (esternón y húmero de talla grande, cráneo, mandíbula y fúrcula de talla media y coracoides y fémur de talla pequeña) no hace más que evidenciar que una buena parte del conjunto está generada por aves.

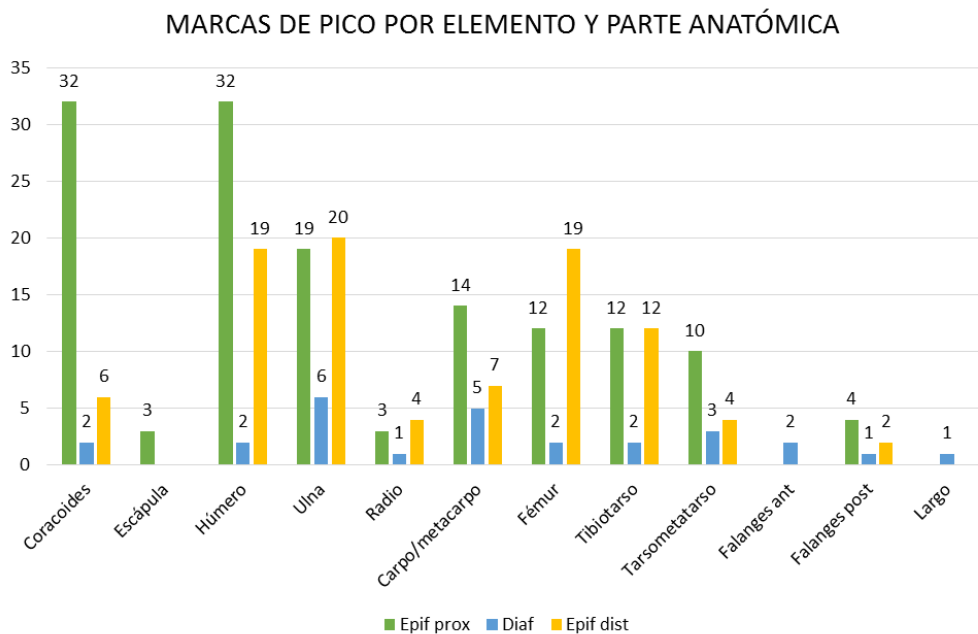


Figura 25: Total de marcas de pico por elemento y parte anatómica.

Desde otro punto de vista, vamos a tratar los datos de las modificaciones por pico, esta vez agrupados por elemento y zona del hueso donde ha sido localizado (Figura 25). En líneas generales, se aprecia como las epífisis proximales concentran un mayor número de marcas de pico. Les siguen las epífisis distales y, en menor medida, las diáfisis. Esto no solo puede indicar cierto patrón de los agentes acumuladores, sino la propia línea de

tendencia de este tipo de modificaciones en restos de aves. El húmero y el coracoides son los elementos que concentran un mayor número de marcas en su epífisis proximal. Es un hecho interesante si se considera que estos dos huesos junto a la escápula conforman la cintura escapular, unidos, justamente, por sus epífisis proximales. Esto podría indicar que uno de los agentes acumuladores tiende a afectar directamente a la cintura escapular, probablemente con intención de seccionar el ala del cuerpo. Si se tienen en cuenta la propia anatomía del esqueleto, se pueden apreciar otros patrones en la localización de las marcas. En concreto, la abundancia de marcas en epífisis proximales asociadas a las epífisis distales de los huesos con los que conectan. Es el caso de la epífisis distal del húmero y la proximal de la ulna; se observa cómo se mantiene una cantidad (que en este caso es la misma) similar. Lo mismo pasaría con la distal del fémur y la proximal del tibiotarso (un poco más desiguales), la distal del tibiotarso y la proximal del tarsometatarso y, por último, la distal del tarsometatarso y la proximal de las falanges posteriores. Esto no hace más que indicar cuáles son los puntos articulares más afectados en los esqueletos de las aves recuperados. El único caso contradictorio sería el radio (todos de talla media), que pese a estar conectado directamente con la ulna (un elemento que parece ser susceptible de ser alterado), presenta unos totales de marcas de picos especialmente bajos. Una de las justificaciones más factibles vendría a ser el grado de conservación de este elemento en concreto; su morfología delgada lo vuelve más susceptible a ser alterado o destruido. De hecho, el total de radios supone un 5,2% para toda la talla media, por lo que no es descartable que entren en juego factores postdeposicionales.

Perforaciones

Entrando a un nivel más específico en las marcas dejadas por los picos de las aves, seguidamente se comentarán las perforaciones (Figura 26).

Las perforaciones son el tipo de modificación por pico más abundante en todo el conjunto. Se han evidenciado un total de 136 marcas, repartidas también entre tallas y elementos. La talla grande es la que menos presenta, con un total de 4 que se traduce en un 3,6% de la talla grande. La talla media reúne más cantidad de marcas pero sigue sin ser la mejor representada, con un 7,2% de toda la talla. Como en el apartado anterior en los aspectos generales, la talla pequeña es la que tiene una mayor representación de marcas respecto al total de restos identificados, con un porcentaje del 18,9%.

La localización de las perforaciones sigue de forma muy similar la línea del gráfico de marcas de pico del apartado anterior.

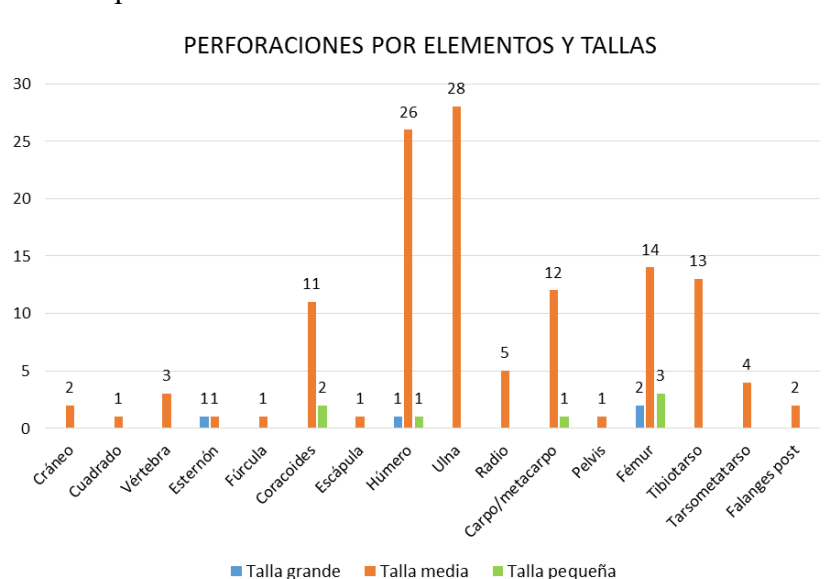


Figura 26: Total de perforaciones divididas entre elementos anatómicos y tallas de peso.

Depresiones

Las depresiones son las modificaciones por pico menos frecuentes dentro de la muestra analizada (Figura 27).

En los restos de aves de talla grande sólo las hemos identificado en dos restos, un tarsometatarso y una falange posterior. El elemento que presenta más depresiones para la talla media es el húmero (14), que sobresale por encima del resto de elementos. Exceptuando elementos craneales, axiales y falanges con una o dos marcas, los huesos restantes presentan entre 6 y 4 marcas. Por último, la talla pequeña concentra estas marcas en el coracoides (2,7%) y el fémur (5,4%), tal y como se ha visto en apartados anteriores. Esta talla vuelve a presentar un porcentaje más elevado de marcas sobre el total de restos recuperados, siendo este de un 8,1%. En líneas generales, se puede comprobar como no solo el total de este tipo de marcas ha descendido, sino que también su presencia según elemento anatómico.

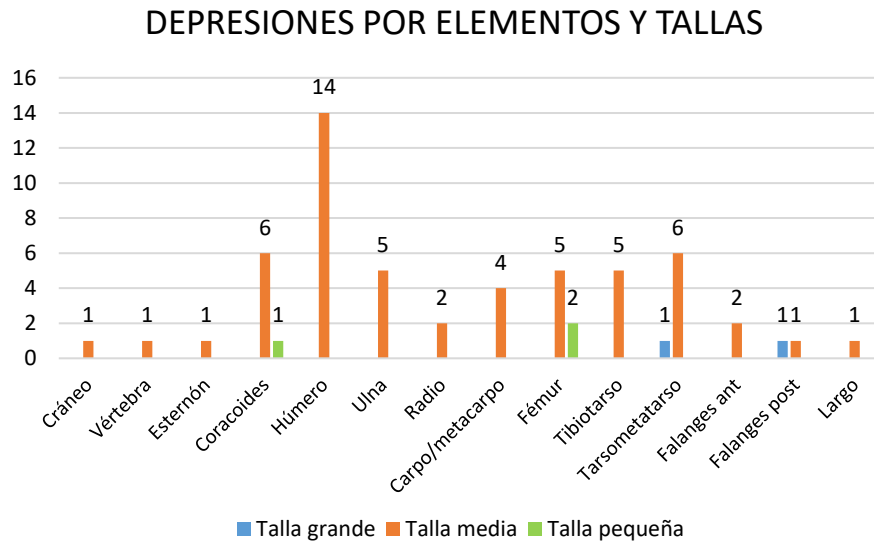


Figura 27: Total de depresiones generadas por pico por elemento anatómico y talla de peso.

Picoteo

Por último, las marcas de picoteo se han encontrado un total de 81 veces en elementos y tallas distintas también (Figura 28). Principalmente, esta modificación se ha localizado en las epífisis (Figura 29).

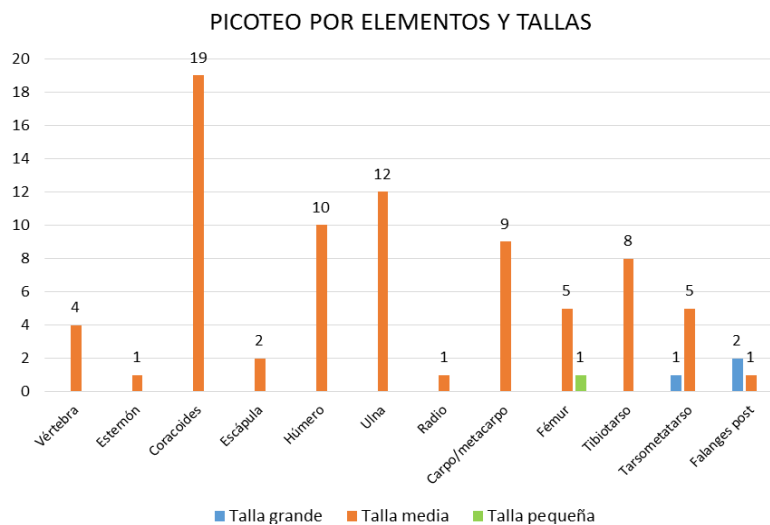


Figura 28: Total de evidencias de picoteo por elemento anatómico y talla de peso.

Como en las otras modificaciones por picos, estas marcas solamente se documentan en dos huesos para la talla grande: el tarsometatarso y falanges posteriores. Siguiendo con la talla media, el coracoides es ahora el elemento con más marcas de este tipo, focalizadas principalmente en la epífisis proximal. Le siguen la ulna (12), el húmero (10) y el carpometacarpo (9). Así pues, este tipo de marcas también se encuentra mayoritariamente en elementos de las alas. Hay que destacar la presencia de este tipo de marcas sobre las vértebras, que han subido ligeramente comparado con las anteriores modificaciones comentadas. Por último, la talla pequeña presenta un único resto con este tipo de marca.

Si tenemos en cuenta que el picoteo es producido por la acción de golpeo repetida por el pico, esto implica que sea más difícil recuperar las zonas de los huesos donde se producen estas modificaciones para esta talla.

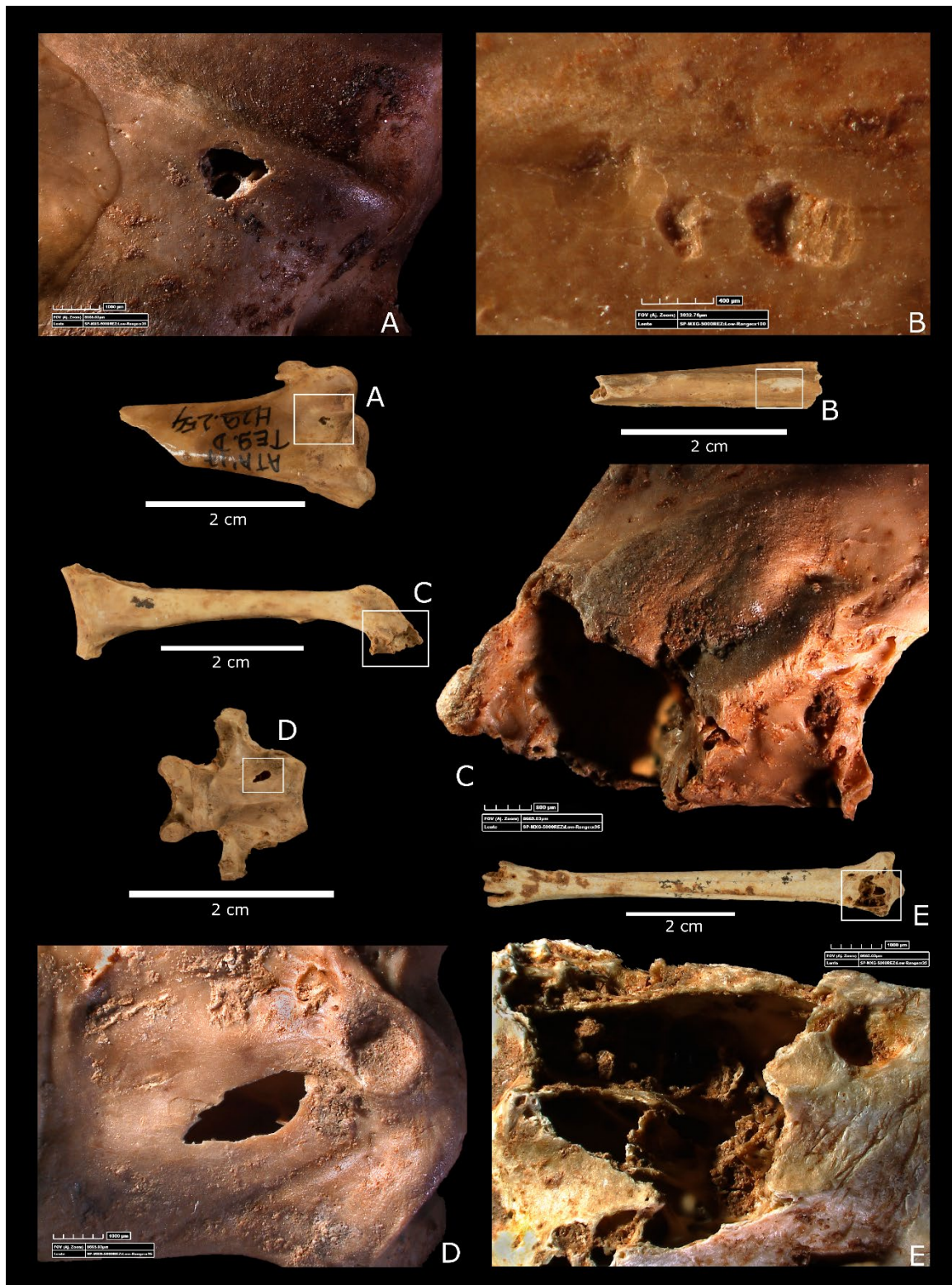


Figura 29: Modificaciones por pico en aves de talla media. A: perforación en epífisis distal de húmero; B: depresiones en diáfisis de tibiotarso; C: picoteo en epífisis proximal de coracoides; D: perforación en cuerpo vertebral de vértebra; E: picoteo y arrastres en epífisis proximal de tarsometatarso.

Arrastres

Los arrastres se han observado únicamente en restos de las tallas media y pequeña. Un total de 60 restos en toda la muestra presenta este tipo de modificación (3,2% del total (Figura 30).

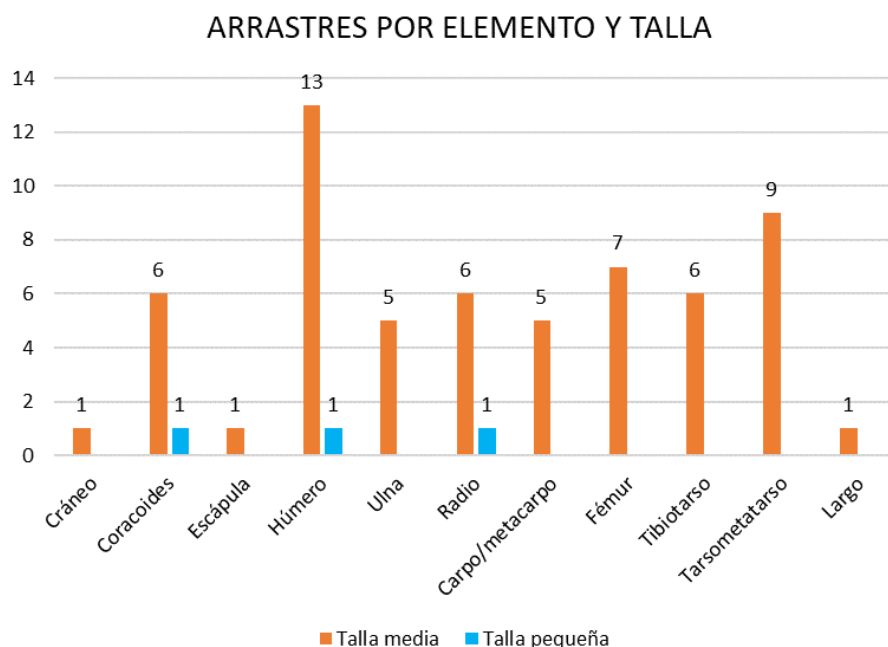


Figura 30: Total de arrastres por elemento anatómico y talla de peso.

Empezando con la talla media, esta modificación se encuentra mayoritariamente en huesos de las alas, seguidos de los de las extremidades posteriores, incluyendo esqueleto craneal y axial. El húmero es el elemento que presenta más marcas de este tipo (13), sobresaliendo ligeramente entre los demás. Le sigue de cerca el tarsometatarso (9), el fémur (7), el coracoides y tibiotarso (6). Aunque se pueda pensar que esta modificación solo se manifiesta en huesos largos, vemos que elementos como el cráneo también son susceptibles de presentarlas. Por último, la talla pequeña presenta solo 3 elementos con arrastres: el coracoides, húmero y radio.

Teniendo en cuenta la localización de este tipo de marcas, se puede profundizar en una cierta línea de tendencia (Figura 31). A primera vista, se puede observar cómo mayoritariamente los arrastres se encuentran en las diáfisis. Además que también es más frecuente en epífisis proximales que distales. Sin duda, el húmero es el elemento más susceptible de presentar arrastres. En este caso, el ala vuelve a ser el segmento anatómico más afectado, seguido de las patas (Figura 32).

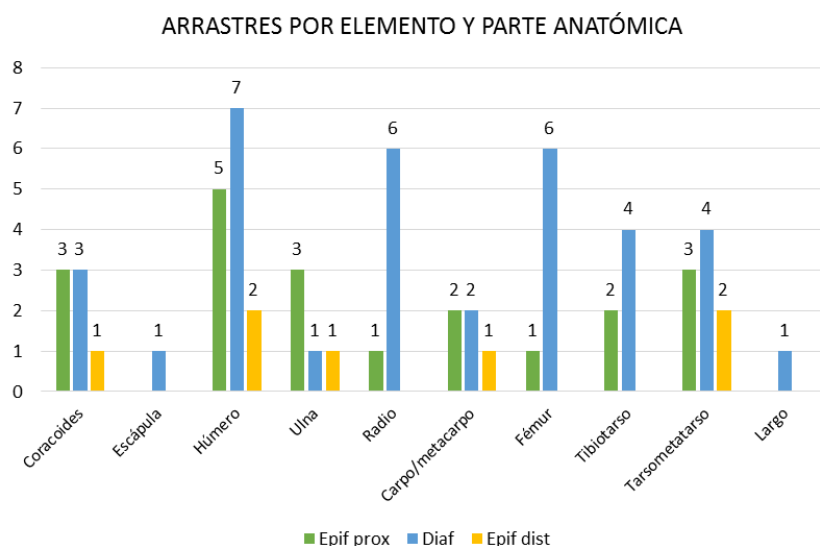


Figura 31: Total de restos con arrastres por elemento y parte anatómica.

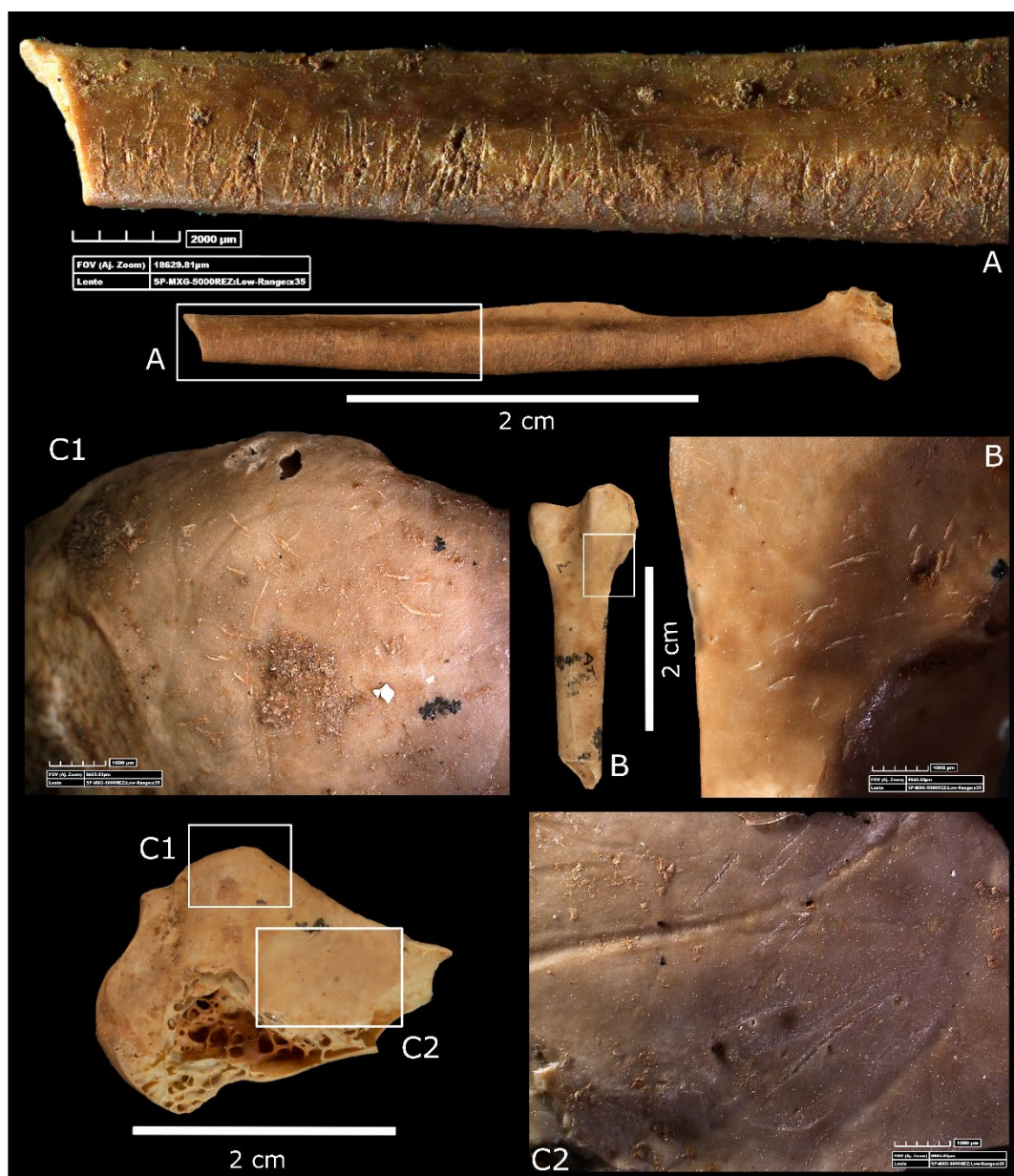


Figura 32: Arrastres y levantamientos en diferentes elementos de talla media. A: arrastres en diáfisis de radio; B: Levantamientos en metáfisis distal de fémur; C1: levantamientos y perforación de pico en epífisis proximal de húmero; C2: arrastres.

Levantamientos

Los levantamientos se han documentado en su mayoría en restos de talla media, a excepción de un único elemento de talla pequeña. Esta modificación se ha encontrado en un total de 24 restos, que supone un 1,3% de toda la muestra (Figura 33).

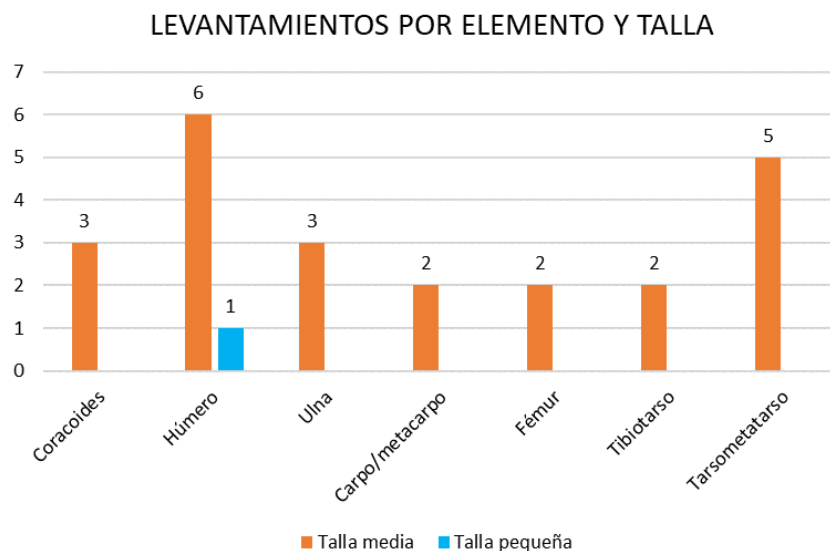


Figura 33: Total de levantamientos por elemento anatómico y talla de peso.

Para la talla media, los levantamientos se encuentran tanto en elementos de las patas como de las alas. Sin embargo, los huesos alas son los que presentan más marcas de este tipo, como por ejemplo el húmero (6). El tarsometatarso sigue con 5 y el resto con 3 y 2 en total. A excepción del coracoides, los levantamientos no se han documentado en ningún otro elemento del esqueleto axial ni craneal. La talla pequeña presenta un único resto con levantamientos, en concreto, un húmero. Tal y como ocurre con los arrastres, el húmero también parece más susceptible de presentar este tipo de marcas.

Como ocurría con los arrastres, la localización de las marcas según el segmento anatómico ayuda a entender mejor este tipo de modificaciones (Figura 34).

En este caso, la localización de los levantamientos está un poco más repartida. Aunque siga habiendo más en las diáfisis, los valores de las epífisis, en concreto de las proximales están más igualados. La epífisis proximal del húmero es la más frecuente en presentar levantamientos, seguida de su diáfisis y la diáfisis del tarsometatarso.

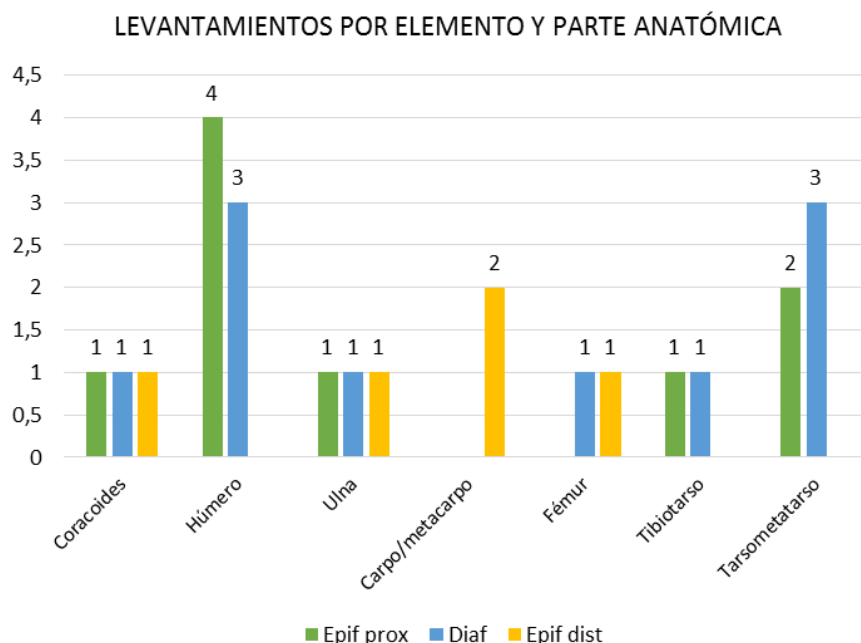


Figura 34: Total de restos con levantamientos por elemento y parte anatómica.

6.6.2 Patologías

Por otra parte, se han identificado patologías (Figura 35; E, F) en un total de 24 restos (1,3%). Únicamente la talla grande y media presentan este tipo de modificaciones *antemortem*, traducidas la mayoría en sobrecrecimiento del hueso. Los porcentajes se dividen entre un 0,4% para la talla grande y un 0,9% para la talla media. Por último, se ha identificado en un único caso de una ulna de talla media una sobreosificación del canal medular, hecho que se asocia a la alta generación de calcio en el momento de la puesta (Figura 35; G).

6.6.3 Modificaciones Postdeposicionales

Óxidos de Manganeso

Los óxidos de manganeso están presentes en un total de 1620 restos (86,3% de toda la muestra). Entre los diferentes tipos de acumulaciones de manganeso, un 61,7% estaba distribuido de forma dispersa, un 21,5% de forma aislada, un 2% lo estaba de forma concentrada y un 1,2% generalizada (Figura 36).

Concreciones

Pasando a las concreciones, únicamente se encuentran en 50 restos (2,7% de toda la muestra). Las más abundantes son las de tipo concentrado con un 1,2%, seguidas de las aisladas (1%), dispersas (0,4%) y generalizadas (0,2%) (Figura 36).

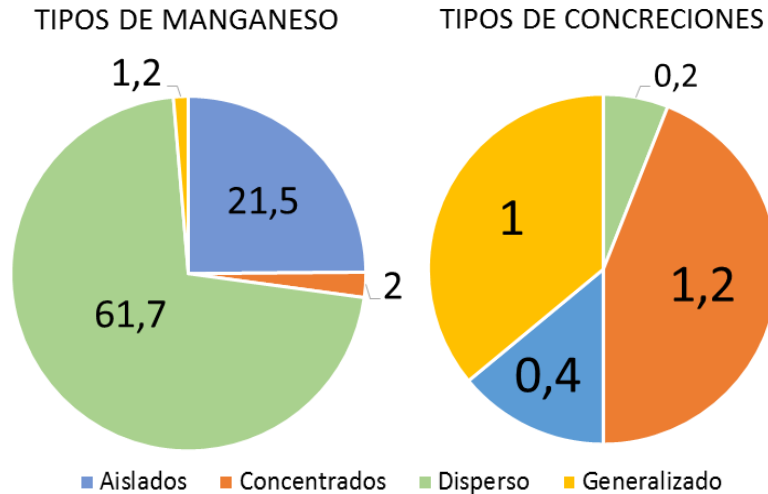


Figura 36: Tipos de acumulación de manganeso y concreciones expresados en porcentajes.

Pulidos

La mayoría de los restos analizados presenta uno de los tres grados de pulido en su superficie, en concreto un 96,3%. Los elementos con un grado medio de pulido (P2) son los más abundantes (69,3%). Les siguen los restos con un pulido grado 1 (P1) (14%) y grado 3 (P3). (Figura 37).

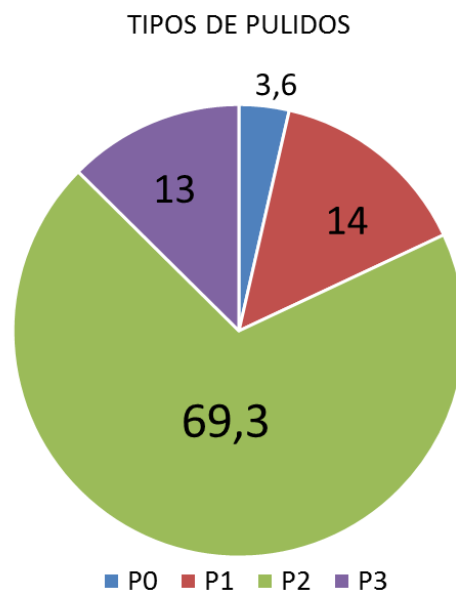


Figura 37: Tipos de pulidos en porcentajes.

Redondeo

Se han identificado pocos restos redondeados, el total asciende a 58 (3,1 del total de la muestra). La mayoría de estas modificaciones se corresponden a grado 1 (R1) con un

2,7% de representación, seguido del grado 2 (R2) con un 0,3% y, por último, el grado 3 (R3) con un 0,1% (Figura 38).

Por último, hay que destacar la presencia de restos que presentan ambas alteraciones, pulido y redondeado (Figura 39). Los más abundantes son los que presentan un pulido P1 y un redondeamiento tipo R2 con un total de 34 restos. Los tipos P2+R1 y P3+R3 son los menos frecuentes con un total de 1 resto cada uno.

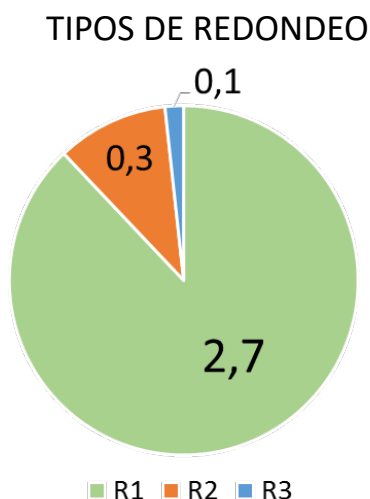


Figura 38: Tipos de redondeamiento en porcentajes.

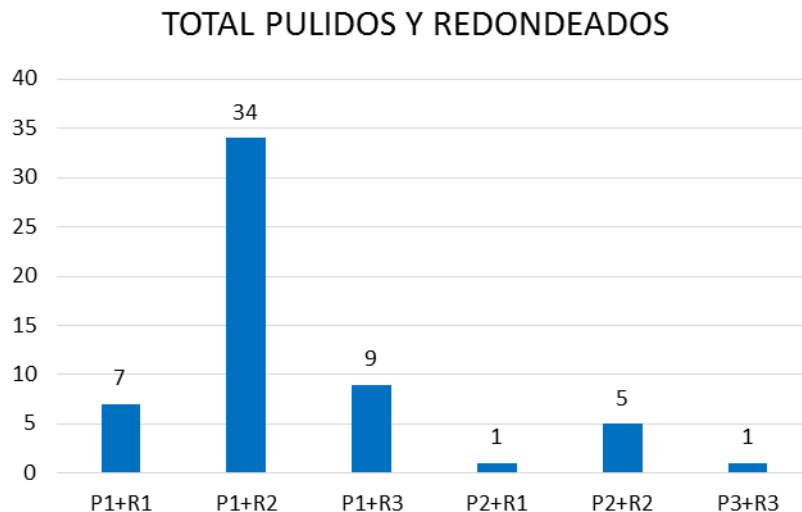


Figura 39: Total de restos que presentan pulidos y redondeados, clasificados por tipos.

Agrietamientos y fisuras

En el caso de los agrietamientos y fisuras, estos se encuentran en un total de 1379 elementos, (73,5% de toda la muestra). En orden de mayor abundancia, en primer lugar se encuentran los del tipo a1 (55,1%), seguidos de los del tipo F2 (14%) y en último lugar los F3 (4,4%) (Figura 40).

TIPOS DE AGRIETAMIENTOS

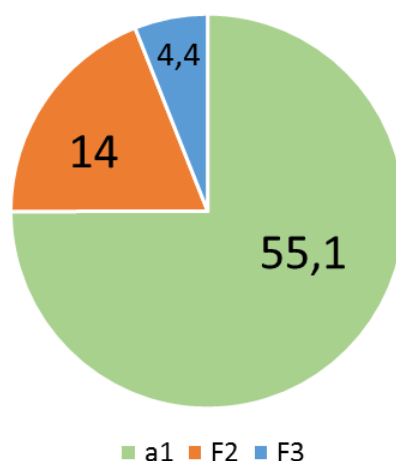


Figura 40: Tipos de agrietamientos representados en porcentajes.

Tramplng

Siguiendo con las modificaciones por *tramplng*, estas se encuentran en un total de 127 restos (6,8% del total de la muestra). La gran mayoría están presentes en restos de aves de talla media (6,4%), seguida de los de talla pequeña (0,3%). Finalmente, para la talla grande únicamente se ha encontrado en un resto, que supone un 0,1% en toda la muestra (Figura 41).

TRAMPLING POR TALLAS DE PESO

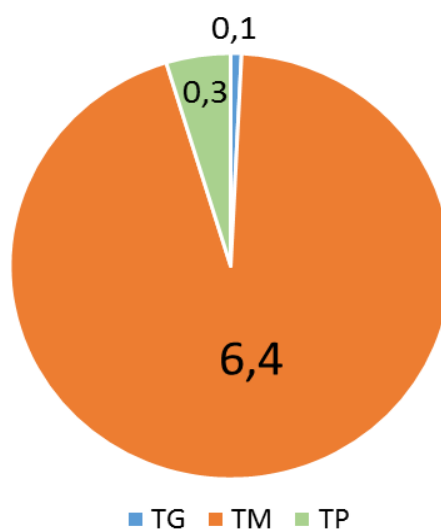


Figura 41: Marcas de tramplng por tallas de peso.

6.6.4 Otras modificaciones

Más allá de las modificaciones ya presentadas, en el conjunto analizado de TE9d hemos identificado de forma marginal modificaciones por raíces y roedores. Las raíces están presentes en un 2,1% del total, mientras que los roedores se encuentran en un 1%. Por otro lado, hemos observado en la superficie de los huesos unas marcas en forma de “flor”

cuyo origen no hemos podido identificar hasta el momento. Estas modificaciones se localizan en el 1% de los restos estudiados en este trabajo (Figura 35; A, B).

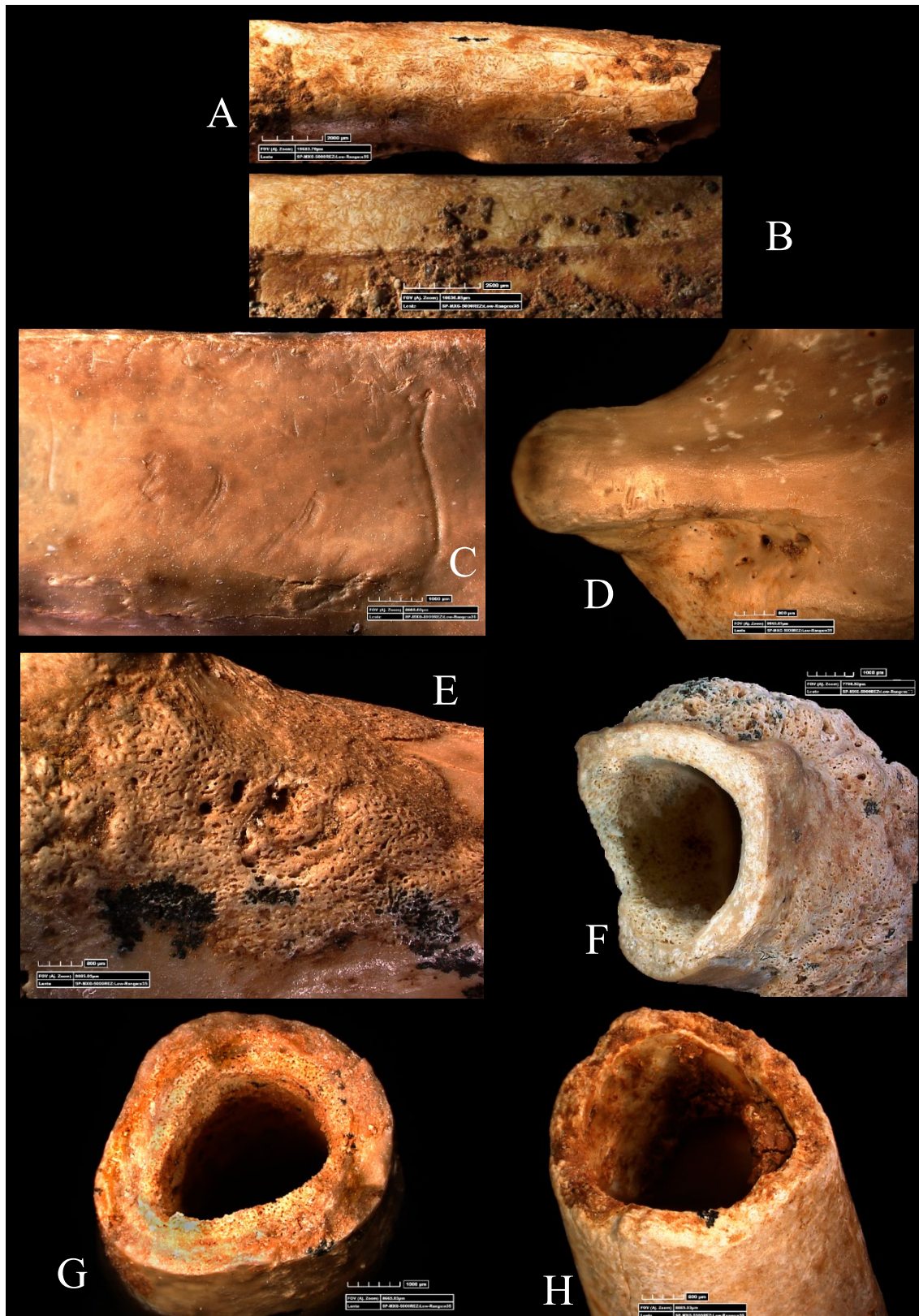


Figura 35: Alteración por flores en diáfisis de tibiotarso (A) y diáfisis de tarsometatarso de talla media (B); modificaciones por roedores en diáfisis de fémur (C) y epífisis proximal de ulna de talla media (D); patologías en epífisis proximal de radio de talla grande (E) y diáfisis de ulna de talla media (F); comparación de sección de diáfisis con sobreosificación del canal medular en ulna (G) y una sección normal de talla media (H).

7. DISCUSIÓN

Las acumulaciones de aves en los yacimientos arqueológicos pueden tener su origen en la actividad de diferentes agentes biológicos y/o procesos postdeposicionales. Destacando aquellos puntos más relevantes del conjunto estudiado se logrará incidir sobre los agentes responsables de la acumulación en el nivel TE9-d de Sima del Elefante. Para caracterizar el conjunto avifaunístico analizado en el presente estudio es necesario mencionar los aspectos clave del apartado de resultados.

7.1 Caracterización de la acumulación

El conjunto avifaunístico del nivel TE9-d de Sima del Elefante está compuesto principalmente por córvidos. En menor proporción, les siguen aves de talla grande, como es el caso de especies como el águila perdicera (*Aquila fasciata*), águila real (*Aquila chrysaetos*) o el pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla*). Las aves de talla pequeña son menos abundantes, representadas por taxones del orden Charadriiformes.

En cuanto a la edad, los individuos adultos predominan en todo el nivel. En el caso de las aves de talla media, los inmaduros corresponden a un 1% y en la talla grande un 0,9% de todos sus individuos.

Siguiendo con los datos anatómicos más relevantes, elementos como el tarsometatarso, la ulna y carpometacarpo son los más abundantes. Profundizando un poco más en estos datos, entre los animales de talla grande predominan el tarsometatarso, carpometacarpo y mandíbula. Para los de talla media, la ulna, carpometacarpo y tarsometatarso son los elementos más representados. Por último, el tarsometatarso, la ulna, el fémur y el húmero son los huesos más abundantes entre la talla pequeña. Las ratios esqueléticas también ayudan a discernir entre varios agentes acumuladores. La talla media difiere de las otras dos, presentando un valor más alto de elementos de las alas que de las patas. De todas formas, los valores de este índice para las tres tallas no presentan valores muy desiguales, siendo estos muy cercanos al 50% de representación. Las extremidades están mucho mejor representadas que el torso para todas las tallas. Finalmente, los elementos distales son mucho más frecuentes que los proximales para las tres tallas.

Durante el proceso de excavación, parte de los restos se han encontrado en forma de acumulación. El hallazgo de estas acumulaciones no hace sino indicar que una fracción

de los restos fue depositada cuando aún se encontraban en conexión anatómica. Además, estos restos consiguieron preservarse *in situ* hasta el momento de su recuperación.

Siguiendo con la integridad de la muestra, el cálculo del MAU indica que cada talla de peso presenta valores diferentes, aunque bajos en todos los casos. En toda la muestra, los elementos craneales y axiales tienen una baja representación. Uno de los ejemplos más notables es la nula presencia de falanges posteriores, garras, cráneo y esternón para la talla pequeña, teniendo en cuenta que para la talla grande, estos elementos tienen buenos grados de integridad. Este hecho se podría interpretar como un factor de conservación diferencial.

Los valores de AR% a nivel general, muestran como la talla media (13%) y talla grande (10,8%) presentan grados de conservación muy similares, a diferencia de la talla pequeña que presenta un porcentaje bajo (6,1%), muy probablemente debido a la conservación diferencial.

El análisis de la fracturación de los restos se ve sesgada por la alta presencia de fracturas modernas, donde la mayoría son causadas durante el proceso de excavación. El porcentaje de elementos con fractura antigua sobrepasa levemente el de los restos completos. El coracoides, carpometacarpo y fémur son los huesos que reúnen más elementos completos.

Teniendo estas observaciones en cuenta, también se puede observar en las modificaciones sobre la superficie de los huesos; cada talla muestra características propias.

La presencia de marcas de pico está más igualada para las tres tallas. Estas alteraciones se observan en un 21,6% de la talla pequeña, que sigue siendo la que más porcentaje de modificaciones presenta. El valor para la talla media es de un 11,7%, más elevado que el índice de huesos digeridos para esta talla. Por último, la talla grande presenta modificaciones por pico en un 6,3% de todos sus restos. Este tipo de modificaciones reafirma la hipótesis de que los principales agentes acumuladores de las aves del nivel TE9-d son rapaces.

La mayoría de las modificaciones por picos se encuentran en la epífisis proximal del húmero y coracoides. Este hecho demuestra como parte de las rapaces responsables de la acumulación tienden a actuar en la epífisis proximal del húmero, con el objetivo de seccionar el ala del resto del cuerpo de su presa (Laroulandie, 2000, 2002).

Un aspecto a destacar en el conjunto es la ausencia de marcas de antropización (marcas de corte) y de carnívoro (marcas de mordedura), hecho que nos hace pensar que estos agentes no han actuado en el proceso de acumulación de los restos de avifauna.

Todas las tallas presentan alteración por digestión, aunque se trate en porcentajes bajos. Cada talla sigue un patrón propio en cuanto a este tipo de modificaciones. El valor más destacado es el de la talla pequeña, en el que la digestión está presente en un 29,7% de todos sus restos (sobre todo en elementos de las patas), manifestada en grados ligeros y moderados. La talla media, aunque presente un índice más bajo de restos digeridos (2%), muestra cierta variedad de grados de intensidad, centrado en las alas, oscilando entre los ligeros, moderados y fuertes. Por último, la talla grande presenta un 1,8% de restos digeridos, únicamente con grados ligeros.

Teniendo en cuenta los grados de digestión se podrían distinguir dos tipos diferentes de rapaces acumuladoras: nocturnas por los grados ligeros-moderados y diurnas por los grados fuertes (Bochenski *et al.*, 1993, 1998; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1994, 1997; Laroulandie, 2000, 2002; Lloveras *et al.*, 2014b, 2014c). A pesar de que únicamente se ha documentado un resto con grado de digestión fuerte, hay que tener en cuenta que las rapaces diurnas no generan una cantidad tan elevada de digestiones en comparación con las nocturnas. Por esto mismo, su contribución al conjunto se puede justificar de forma más precisa con otros de los resultados obtenidos, como por ejemplo los valores y ratios anatómicas o las modificaciones por picos.

Respecto a modificaciones postdeposicionales, alteraciones como los óxidos de manganeso están presentes en la gran mayoría de los restos. La presencia de manganeso en los restos analizados recalca que el ambiente dentro de la cavidad era húmedo. Los pulidos también se encuentran en casi toda la muestra, hecho que evidencia transporte hídrico de algunos restos. Por otra parte, los redondeos son notablemente escasos en todo el conjunto. Cabe la posibilidad que estos elementos fueran arrastrados desde fuera de la cavidad o en el interior de esta cuando aún estaban en conexión anatómica (Figura 42).



Figura 42: Elementos del ala y patas de un córvido en conexión anatómica con trazas de manganeso.

7.2 Agentes acumuladores

La ausencia de modificaciones de origen antrópico o por actividad de carnívoros indica que estos agentes no han intervenido en la acumulación de los restos de avifauna del nivel TE9d. Sin embargo, las marcas relacionadas con la actividad de aves sobre los restos analizados sugieren que este grupo ha intervenido en el origen del conjunto estudiado.

7.2.1. Rapaces diurnas

Teniendo en cuenta los patrones de consumo de algunas rapaces diurnas mencionadas en este mismo trabajo, los resultados de los análisis de los restos de todas las tallas de peso guardan semejanzas con algunos de los parámetros. En líneas generales, la representación anatómica y los grados de digestión son los parámetros más discriminatorios, mientras que las ratios esqueléticas (alas/patas, torso/extremidades, proximal/distal) y el porcentaje de elementos completos no aportan una información tan determinante con relación a la actividad de las rapaces diurnas.

Empezando con la talla grande, se puede apreciar cierta variedad en el patrón de acumulación. Por una parte, en cuanto a representación anatómica, ratios esqueléticas y

porcentaje de elementos completos coincide principalmente con los parámetros de tres rapaces: *Falco rusticolus*, *Aquila adalberti* y *Aquila fasciata* (Bochenski *et al.*, 1998; Bochenski y Tomek, 1997; Bochenski y Tornberg, 2003; Lloveras *et al.*, 2014b). Entre estas tres especies, los valores de talla grande coinciden más específicamente con los de *Aquila fasciata* en la representación anatómica, en la que cráneo, tarsometatarso y carpometacarpo también se encuentran entre los elementos más abundantes. Sin embargo, los valores de las acumulaciones de estas rapaces recogidos en los estudios anteriormente citados pertenecen a restos ingeridos. Esto implicaría que los restos de talla grande deberían presentar grados de digestión fuertes-extremos, hecho que no ocurre en el conjunto estudiado. Además, la alta presencia de cráneo y esternón para la talla grande en comparación a las demás, también puede ser indicativo de ciertos patrones de consumo de rapaces sobre aves de talla media y pequeña (Bochenski *et al.*, 1993, 1999; Bochenski y Tomek, 1997; Bochenski y Tornberg, 2003; Lloveras *et al.*, 2014b, 2014c). Por otra parte, si tenemos en cuenta los valores de modificaciones por picos y de digestiones de la talla grande, estos coinciden principalmente con los de acumulaciones de *Haliaeetus albicilla* y *Falco peregrinus*, dos rapaces de las cuales se ha constatado su consumo de águilas y aves de gran tamaño (Mlíkovský, 1996; Laroulandie, 2000, 2002; Bochenski *et al.*, 2009).

Las aves de talla media muestran ciertos patrones distintos a los de la talla grande. En valores como representatividad anatómica, torso/extremidades, elementos proximales/distales y porcentaje de restos completos, coincide también con los patrones de restos ingeridos por *Falco rusticolus*, *Aquila adalberti* y *Aquila fasciata* (Bochenski *et al.*, 1998; Bochenski y Tomek, 1997; Bochenski y Tornberg, 2003; Lloveras *et al.*, 2014b). No obstante, es en la ratio de alas/patas donde hallamos una particularidad: las acumulaciones avifaunísticas de rapaces diurnas donde predominan las alas (a excepción del alimoche), pertenecen a restos no ingeridos, es decir, que no presentan digestión (Mlíkovský, 1996; Bochenski *et al.*, 1999; Laroulandie, 2000, 2002; Bochenski *et al.*, 2009; Lloveras *et al.*, 2014a). En otras palabras, ya que los elementos de las alas son los más abundantes y los que presentan más alteraciones por digestión en toda la talla media, es posible que una parte de esta no fuera acumulada por rapaces diurnas. De todas formas, si se tienen en cuenta las acumulaciones de rapaces que no producen digestiones, los patrones del pigargo europeo y el halcón peregrino son los que más se asemejan a los de la talla media. Asimismo, el porcentaje de modificaciones por pico o garras del pigargo

(9,1%) (Mlíkovský, 1996; Bochenski *et al.*, 2009) es similar al de la talla media (11,7%). Por otra parte, uno de los restos de talla media presentaba una digestión de grado fuerte. Las rapaces diurnas con las que es compatible este grado de alteración serían el halcón gerifalte, el águila imperial y el águila perdicera.

En último lugar, la talla pequeña también guarda semejanzas con las mismas especies mencionadas en los dos últimos párrafos. Las ratios y porcentajes de elementos completos coinciden principalmente con *Falco rusticolus*, *Aquila adalberti* y *Aquila fasciata* (Bochenski *et al.*, 1998; Bochenski y Tomek, 1997; Bochenski y Tornberg, 2003; Lloveras *et al.*, 2014b). En cuanto a la representación anatómica, coincide más concretamente con el águila imperial y el halcón peregrino. Teniendo en cuenta las alteraciones por digestión, hay que puntualizar que la mayoría de restos digeridos de esta talla son las patas. Si bien las patas son los elementos más digeridos por las rapaces diurnas, estas producen grados que oscilan los fuertes-extremos. Este grado de alteración no se ha identificado en ningún resto de la talla pequeña, por lo que, como sucede con la talla media, cabe la posibilidad de que parte de los restos no hayan sido acumulados por rapaces diurnas, sino por rapaces nocturnas.

7.2.2. Rapaces nocturnas

Los patrones de acumulación de las distintas tallas también coinciden en algunos parámetros con los valores observados en rapaces nocturnas. Es necesario recalcar que los patrones de consumo estudiados pertenecen únicamente a acumulaciones de restos ingeridos. Sobre todo, teniendo en cuenta que el total de restos ingeridos en la muestra estudiada es bajo. Desde una perspectiva general, la ratio de elementos proximales/distales observados en acumulaciones de rapaces nocturnas no coincide con ninguna de las tres tallas. No obstante, es en otros parámetros del conjunto donde se observan ciertas similitudes a las acumulaciones de las rapaces nocturnas.

Los valores de la talla grande son los que menos coinciden con los patrones de las rapaces nocturnas. Por representación anatómica, parece coincidir en cierta medida con el búho real, en cuya acumulación predomina también el tarsometatarso y carpometacarpo (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1997; Laroulandie, 2000, 2002). Por lo que respecta a los restos de mandíbula, también abundantes para la talla grande, encajaría con las acumulaciones del cárabo común (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Tomek, 1997). En la ratio torso/extremidades,

coincidiría con estas dos especies, además del búho chico (Bochenski y Tomek, 1994, 1997) donde las extremidades son más abundantes. La proporción de alas y patas difiere un poco de las acumulaciones de estas rapaces; la talla grande presenta un número un poco más elevado de patas que de alas. Las rapaces nocturnas aquí comparadas tienden a acumular elementos de las alas en mayor medida, así que este valor acabaría por no coincidir. Por último, la presencia de los dos restos digeridos en esta talla de peso con grados ligeros, coincidiría perfectamente con los observados en el búho chico, cárabo común y búho real. Es necesario hacer hincapié en que, teniendo en cuenta principalmente el grado de digestión, la aportación de rapaces nocturnas sería mucho más puntual que la realizada por diurnas.

Los restos de las aves de talla media parecen mostrar un patrón mucho más determinante y similar a los observados en rapaces nocturnas, sobre todo en el búho real. Exceptuando la ratio de elementos proximales/distales como previamente se ha mencionado, los otros valores de la talla media coinciden principalmente con los del búho real. Empezando con la representación anatómica, el búho real también acumula mayoritariamente tarsometatarsos y carposmetacarpos, dos de los elementos más abundantes para esta talla. También la presencia de extremidades supera la de elementos del torso. En la ratio de alas y patas, coincide casi a la perfección con la proporción observada en el búho real; las alas predominan a las patas pero su relación está muy igualada. El porcentaje de restos con modificaciones por pico o garras también se acerca a los del búho real (19,6%) (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1997; Laroulandie, 2000, 2002), siendo el de la talla media de un 11,7%. Por último, los grados de digestión también coinciden con los de esta rapaz, siendo estos ligeros y moderados. Los valores observados en el cárabo también coinciden con los de la talla media, exceptuando la representación anatómica y el porcentaje de restos con modificaciones.

En último lugar, el patrón de acumulación de talla pequeña guarda semejanzas con los de rapaces nocturnas mencionadas en los párrafos anteriores. En este caso, además de no coincidir en la ratio de elementos proximales y distales, esta talla tampoco coincide en la proporción alas/patas con ninguna de las rapaces, siendo las patas los elementos más representativos. Respecto la representación de elementos anatómicos, parece coincidir con las acumulaciones de búho real, búho chico y cárabo común, coincidiendo en la sobrerrepresentación del tarsometatarso, ulna y húmero. También coincide con la proporción torso/extremidades con las tres especies, igual que las otras tallas de peso. El

porcentaje de modificaciones mecánicas de la talla pequeña (21,6%) es, de hecho, mucho más cercano al del búho real (19,6%) que el de la talla media (posiblemente el %). Los grados de digestión observados en la talla pequeña también coinciden perfectamente con los del búho real, búho chico y cárabo común.

7.2.3. Acumulaciones naturales

Varias especies de aves, como rapaces diurnas, córvidos y colúmbidos, suelen anidar en paredes rocosas (Gál, 2008; Laroulandie, 2010) (Figura 43). Existe la posibilidad que parte de la acumulación responda a los restos generados por ocupación y nidificación de aves. De hecho, estudios previos de algunos de los niveles de Sima del Elefante ya han considerado la presencia de acumulaciones por muerte natural, en concreto por especies como *Corvus cf. pliocaenus* (Núñez-Lahuerta, 2019). Algunas de las características que presentan las acumulaciones por muerte natural son: la alta presencia de fracturas en seco, conexiones anatómicas y, sobre todo, individuos inmaduros y elementos con hueso medular que indiquen la presencia de hembras ponedoras (Driver, 1982; Laroulandie, 2010). El conjunto estudiado muestra algunas evidencias que podrían relacionarse con este tipo de acumulación. Por una parte, aunque no son predominantes, hay presencia de fracturas antiguas. Como ya se ha especificado, el proceso de excavación y su posterior manipulación produce en la mayoría de las veces fracturas modernas que limitan el análisis de la fracturación de la muestra. Por otra parte, las conexiones anatómicas también están presentes en el conjunto, hecho que demuestra que los fósiles han sufrido pocas alteraciones postdeposicionales. Es en el apartado de la edad donde los criterios no acaban de encajar. Los restos de individuos adultos corresponden al 99% de toda la muestra, siendo un 1% elementos de individuos inmaduros. Esta proporción está claramente descompensada a favor de los adultos. Además, la escasa presencia de restos con hueso medular (limitada a un único resto en toda la muestra) y los bajos valores de MAU, tampoco acabarían de encajar con los parámetros de acumulación natural. No obstante, pese a ser estos dos últimos valores muy bajos, no se puede descartar que una pequeña parte del conjunto pueda tener un origen de este tipo. Considerando esto mismo, se puede deducir que de forma esporádica, las paredes de la cueva fueron ocupadas por nidos de aves, en concreto, por córvidos, así como por rapaces diurnas como águilas.



Figura 43: Acumulaciones de diversos tipos de restos vegetales, óseos y plumas de un nido de chova piquigualda (*Pyrrhocorax graculus*) en el exterior (izquierda) e interior (derecha) de una cavidad (Fuente: Laroulandie, 2010; Modificado).

7.2.4. Comparación con otros yacimientos

Acumulaciones por rapaces

Las acumulaciones de rapaces nocturnas en yacimientos arqueológicos son más abundantes en comparación a las acumulaciones de rapaces diurnas. En parte, esto puede deberse a que las rapaces nocturnas han sido más estudiadas en el campo de la microfauna (Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski y Nekrasov, 2001; Bochenski y Tomek, 1997; Laroulandie 2000, 2002; Rufà, 2017).

En yacimientos como Cueva Mandrin (Francia) o la Balma del Gai (Moià) la interpretación del origen de la acumulación de aves se deja en estado abierto, haciendo únicamente alusión a la participación de alguna especie de rapaz (Romandini *et al.*, 2014; Lloveras *et al.*, 2020b).

La cova de l'Arbreda es un yacimiento a destacar, ya que tanto en su nivel musteriense (Lloveras *et al.*, 2018b) como en toda su secuencia de Paleolítico Superior (Lloveras *et al.*, 2020a) se han documentado tanto evidencias de rapaces nocturnas como de diurnas. En concreto, el conjunto avifaunístico del nivel I (musteriense) parece haber sido acumulado principalmente por rapaces diurnas como el azor común o alguna especie de halcón. Esto se constata por una serie de evidencias, también observadas en acumulaciones actuales de rapaces diurnas (Laroulandie, 2002; Bochenski y Tornberg,

2003; Bochenski, 2005; Bochenski *et al.*, 2009; Lloveras *et al.*, 2014c, 2017). Antes de entrar en profundidad, es necesario mencionar que los restos avifaunísticos de este nivel tienen un origen mixto, en el que también han participado humanos y carnívoros.

El listado taxonómico de la Arbreda es abundante y variado, las especies más abundantes son sobre todo córvidos (grajillas, chovas piquigualdas, chovas piquirrojas), pequeños passeriformes, colúmbidos, fasiánidos y rapaces diurnas y nocturnas. En la representación anatómica, el húmero, carpometacarpo y coracoides son los elementos más abundantes, pero hay que recordar que estos valores son frutos de distintos agentes acumuladores. Igual que sucede con la muestra estudiada, los huesos largos son más abundantes y el cráneo y esqueleto axial están mal representados. La alta presencia de carpometacarpo y tarsometatarso se asocia a la participación de rapaces (Mourer-Chauvire, 1983; Lloveras *et al.*, 2018b). También se puntualiza en que la preponderancia de alas, observada únicamente en los restos de grajilla (*Corvus monedula*), es un valor que muestran los estudios de rapaces actuales (Bochenski, 2005). En el presente trabajo, también únicamente los córvidos (talla media) muestran un valor de alas más alto que el de las patas. El bajo porcentaje de elementos completos (26,1%) se asocia directamente al de los restos digeridos acumulados por rapaces diurnas. Es interesante puesto que el porcentaje de elementos completos de TE9d es de 26,3%, un valor casi idéntico. Respecto a las marcas sobre la superficie de los huesos, las modificaciones se agrupan en depresiones y perforaciones. De todas formas, el autor (Lloveras *et al.*, 2018b) menciona que aquellas producidas por pico o garras son más abundantes. Un 8,5% de los restos de aves del nivel I muestra este tipo de modificaciones, mientras que en TE9d, lo hacen un 11,5%. Por último, el autor asegura que, teniendo en cuenta que el porcentaje de restos ingeridos es bajo (2,7%), sumado a que los grados de digestión observados son entre moderados y fuertes, se puede asociar directamente a los parámetros observados en restos no ingeridos de rapaces diurnas como el azor común o alguna especie de halcón (Lloveras *et al.*, 2018b). Aunque en la muestra aquí estudiada los grados de digestión tiendan más a ser ligeros-moderados, es curioso como el mismo porcentaje de restos digeridos en toda la muestra se repite, siendo también del 2,7%.

Por lo que respecta a los niveles de Paleolítico Superior del mismo yacimiento, los parámetros observados son prácticamente idénticos (Lloveras *et al.*, 2020a). También se atribuye un origen mixto a la acumulación de aves, pero en este caso, la aportación por muerte natural está más presente en algunos de sus niveles (C, D y E). También se observa

más variedad en cuanto a los grados de digestión, habiéndose identificado grados ligeros, asociados a rapaces nocturnas.

Hay que tener cierta precaución a la hora de comparar yacimientos tan separados cronológicamente, además teniendo en cuenta que en la cova de l'Arbreda la presencia de los grupos humanos es casi constante. La comparación de ambos yacimientos deja entrever las dificultades de determinar los agentes acumuladores de los conjuntos avifaunísticos. Si bien algunos de ellos pueden ser determinados con cierta precisión (como las acumulaciones por carnívoros o por humanos), en la mayoría de los casos nos estaremos enfrentando a palimpsestos donde se mezclan las acumulaciones de distintos agentes tafonómicos.

En yacimientos como Caune de l'Arago o Lazaret, los estudios de sus conjuntos avifaunísticos aportan, no solo unos datos muy similares, sino también unos resultados semejantes. De cada yacimiento destacan la preponderancia de individuos adultos, de huesos largos y la mala representatividad de elementos craneales y axiales (Desclaux, 1992; Roger, 2004). La taxonomía de ambos lugares sigue presentando un patrón típico de los depósitos de avifauna en medios kársticos; alta representatividad de aves de talla media como córvidos y colúmbidos que suelen anidar en paredes rocosas. Los elementos de las alas también están más representados. En ambos conjuntos, estos elementos son: la ulna, radio, carpometacarpo y coracoides. Aunque en el caso de Arago el autor (Desclaux 1992) mantiene que el patrón de fragmentación y la representación anatómica son los mismos observados en rapaces nocturnas como el búho real, en el caso de Lazaret la evidencia de la actuación de esta rapaz más bien se ve apoyada por la presencia de digestiones con grados ligeros y moderados (Desclaux, 1992; Roger, 2004).

En otros conjuntos como los de TD10.1 de Gran Dolina, Pêch de l'Azé IV-I, Cueva Benito o la Balma del Gai, se menciona la actividad de rapaces, pero no se llega a especificar si se refieren a rapaces nocturnas o diurnas (Iturbe *et al.*, 1993; Martínez Valle, 1996; Soressi *et al.*, 2008; Rodríguez-Hidalgo, 2015; Lloveras *et al.*, 2020b).

Hay un yacimiento que hay que recalcar especialmente, el de Les Fieux. Lo que hace relevante a su conjunto avifaunístico no son los restos en sí, sino la metodología de estudio y sus buenos resultados. En este caso, Laroulandie y colegas (2016) proponen prescindir de los datos y ratios esqueléticas; asegura que en la literatura han sido criticados y que pueden inducir a errores por la presencia de determinados sesgos. Alguno

de estos sesgos podría ser la actividad de más de un agente tafonómico, que repercute directamente en la presencia y ausencia de determinados elementos esqueléticos. En este estudio se propone incidir en las evidencias directas, entendidas como las modificaciones en la superficie de los huesos. La taxonomía sigue siendo similar a otros yacimientos, pero con la diferencia de que las perdices pasan a ser la especie más abundante, seguida de los córvidos y rapaces diurnas. Puesto que directamente se ha optado por tener en cuenta las marcas sobre la superficie de los huesos, estas parecen indicar una aportación mixta, fruto de diversos agentes. El principal agente acumulador serían las rapaces nocturnas (como el búho real o búho nival) justificado por la alta presencia de restos digeridos (Laroulandie, 2000, 2005). Tal y como ocurre en el conjunto de TE9d, la mayoría de grados de digestión oscilan entre los ligeros y moderados, exceptuando, también en ambos yacimientos, unos pocos restos con digestión fuerte (Laroulandie *et al.*, 2016). De todas formas, el porcentaje total de restos digeridos es más elevado en el caso de Les Fieux (10,2%) que en el conjunto aquí estudiado (2,7%). Por último, no se descarta la acumulación por muerte natural (además de las aportaciones antrópicas y de carnívoros) por la presencia de individuos inmaduros.

Por lo que se ha podido observar, la representación anatómica y grados de digestión son datos relevantes para, al menos, poder distinguir una acumulación de rapaces de otros depredadores. Sin embargo, aunque la representación del esqueleto pueda estar influenciada por varios agentes acumuladores y en ciertos casos hay que tener precaución a la hora de interpretar los datos, son en los grados de digestión donde toda la literatura especializada se apoya. En el caso de las rapaces nocturnas, la presencia de grados ligeros y moderados son claras evidencias de su actividad.

Muertes naturales

Los conjuntos avifaunísticos acumulados por muertes naturales han sido poco estudiados. Parte de la dificultad de su identificación recae en la presencia de acumulaciones mixtas, es decir, acumulaciones que en las que ha participado más de un agente tafonómico. Unos de los conjuntos más estudiados son los yacimientos de paleolítico medio y superior del sud de Francia, en los Pirineos (Laroulandie, 2010). En este caso, los estudios se focalizaron en las chovas piquigualdas (*Pyrrhocorax graculus*), un córvido que vive a gran altitud y anida en paredes rocosas, así como en abrigos o cuevas. La alta presencia de este taxón en estos yacimientos, junto al elevado número de individuos inmaduros llevó a hipotetizar que buena parte de los restos de esta ave fueron depositados por muerte

natural (Laroulandie, 2010). Sucede algo similar con esta misma especie de córvidos y otras más (chova piquirroja y grajillas) en el yacimiento de la Cova de l'Arbreda (Serinyà, Banyoles). En sus niveles musterienses y de paleolítico superior parte de los restos avifaunísticos también se atribuyen que a un origen por muerte natural (Lloveras *et al.*, 2018b, 2020a). Además, tal y como ya se ha mencionado, en otros niveles de la propia Sima del Elefante ya se han planteado hipótesis de acumulaciones por muerte natural, debido a la anidación de distintas especies de córvidos (Huguet, 2007; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2016).

Teniendo estos datos en cuenta, hay que recalcar la tendencia de distintas especies de córvidos a anidar en enclaves kársticos, la gran mayoría ocupados también por distintas especies de homínidos a lo largo del Pleistoceno.

En el yacimiento de Kálvária 4 Cave (Hungría) también se ha documentado este tipo de acumulaciones. Sin embargo, en este caso se trata del cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) (Gál, 2008). La buena conservación de los restos, sumada a la escasas marcas sobre la superficie de los huesos y la alta representatividad de individuos inmaduros en comparación a los adultos, concluye en la presencia de antiguos nidos de cernícalos que intervinieron en la acumulación por muerte natural.

La muestra estudiada en este trabajo no parece acabar de coincidir en algunos de los parámetros observados en estos yacimientos. Sobre todo, teniendo en cuenta que la alta presencia de individuos inmaduros es un factor determinante para este tipo de conjuntos. De todas formas, aunque haya una baja proporción de individuos juveniles, la conservación de los restos es buena y se han documentado varias acumulaciones en conexión (factor que hay que considerar con cautela ya que las rapaces diurnas también tienden a acumular elementos en conexión anatómica). Por esto mismo, no se puede descartar que, aunque fuera en un periodo corto de tiempo, algunas especies de córvidos o águilas pudieran anidar las paredes de la cueva, morir de forma natural y depositarse en el conjunto arqueológico.

7.3 Paleoambiente y correlación con estudios previos

La presencia de determinados taxones de aves en el conjunto estudiado ayuda a conocer el paleoambiente en el territorio de donde se localiza la cueva. De este modo, se puede llegar a conocer de una forma más aproximada el medio en el que los grupos humanos vivieron y obtuvieron sus recursos.

Estudios previos en los que se lograron identificar un mayor número de especies de aves, concluyeron en resultados similares aportados por la microfauna u otros vertebrados (Núñez-Lahuerta, 2019; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2021).

Teniendo en cuenta los taxones identificados en este estudio, uno de los más destacados es el pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla*). Hallado en otros niveles del propio depósito, esa rapaz es un buen indicador de la presencia de grandes masas de agua cercanas a la cueva. Esta observación coincide con resultados de otras reconstrucciones paleoambientales por la presencia de animales como el hipopótamo o el castor (Rosas *et al.*, 2004; Cuenca-Bescós *et al.*, 2017; Núñez-Lahuerta, 2019).

Siguiendo con otras rapaces diurnas, el águila real (*Aquila chrysaetos*) pertenecería a medios montañosos o rocosos, aunque puede adaptarse a multitud de hábitats como zonas abiertas, bosques y humedales (Svensson *et al.*, 2010). El águila calzada (*Aquila pennata*) suele habitar bosques y zonas cercanas a montañas (Svensson *et al.*, 2010). La última de las águilas, ya tenida en cuenta en reconstrucciones paleoambientales previas en Sima del Elefante (Núñez-Lahuerta, 2019), es una rapaz que se asocia tanto a áreas abiertas áridas como a bordes de bosque.

Siguiendo con los córvidos, estos también han sido las aves mejor representadas en el nivel TE9c. Para poder realizar una aproximación paleoambiental, se tuvieron en cuenta dos especies: la corneja (*Corvus frugilegus*) y el cuervo común (*Corvus corax*) (Sánchez-Marco, 2004; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2016). Pese a que la última especie no se ha identificado en sí, se ha asumido que su antecesor ya extinto sí identificado, *C. pliocaenus*, debía preferir unos hábitats muy similares (Núñez-Lahuerta, 2019). Si bien ambos córvidos suelen habitar zonas boscosas, la corneja tiende a frecuentar zonas abiertas, mientras que el cuervo común anida y frecuenta también en paredes rocosas (Svensson *et al.*, 2010).

En último lugar, aunque no se hayan identificado individuos a nivel de especie, se han documentado restos pertenecientes al orden Charadriiformes, además de las familias *Scolopacidae* y *Rallidae*. En trabajos anteriores se han documentado especies que coinciden con estas familias; es el caso del rascón (*Rallus aquaticus*) y la gallineta común (*Gallinula chloropus*) y las agachadizas (*Gallinago sp.*) (Núñez-Lahuerta, 2019). Estas especies habitan primordialmente zonas de agua continental (Svensson *et al.*, 2010),

encajando con el marco paleoambiental observado en otras especies de aves como el pigargo europeo.

Pese a la baja precisión de análisis taxonómico a nivel de especie, algunos de los taxones documentados en el presente trabajo arrojan una información paleoambiental que no solo guarda semejanza con los estudios previos de aves, sino también con los de otras faunas.

7.4 Comparación de yacimientos

Hay diferentes yacimientos en el Pleistoceno Inferior en los que se ha documentado la presencia de aves. Hasta el momento, en la mayoría de estos conjuntos los restos de avifauna se han estudiado únicamente desde un punto de vista puramente paleontológico, sin tener en cuenta los aspectos tafonómicos. Así pues, los estudios se han centrado en la taxonomía y reconstrucción paleoambiental y no tanto en conocer los procesos de acumulación de estos restos.

En yacimientos como Ubeidiya, Dursunlu, Pirro Nord, Cueva Victoria y Quibas, se ofrece poca variedad de información en cuanto a sus conjuntos avifaunísticos (Louchart *et al.*, 1998; Tyrberg, 1998; Güleç, 2009; Montoya *et al.*, 1999; Sánchez-Marco, 2004; Arzarello *et al.*, 2007). Los listados de taxones son ricos y muy variados, además de ofrecer información paleoambiental de gran relevancia para el estudio de cada yacimiento. El conjunto avifaunístico de Gran Dolina (TD6) puede ser, entre todos los demás de las mismas cronologías, el yacimiento más interesante a comparar con el conjunto del nivel TE9d de Sima del Elefante. El motivo principal es que ambos se encuentran en la Sierra de Atapuerca. En TD6 destacan sobre todo los pequeños passeriformes, seguidos de aves acuáticas como Charadriiformes, Gruiformes y Anseriformes (Sánchez-Marco, 2005; Núñez-Lahuerta *et al.*, 2019). A primera vista, se puede apreciar como la cantidad de elementos de aves de talla pequeña es mucho más elevada que el documentado en TE9d. Al contrario de lo que sucede en la muestra analizada en el presente trabajo, los córvidos son especialmente escasos en TD6; únicamente se recuperaron 10 restos asociados a *Corvus antecorax* (Sánchez-Marco, 1999c). Además, en este nivel se recuperaron varios restos de cáscaras de huevo, pertenecientes también a Charadriiformes, Anseriformes y *Gruidae* (Núñez-Lahuerta *et al.*, 2019). La reconstrucción paleoambiental remarcó la presencia de espacios abiertos, seguidos de zonas de matorrales, zonas de agua continental y roquedos (Sánchez-Marco,

2005). Estos resultados son similares a los que ofrecen el estudio de las aves de Sima del Elefante, aunque en el caso de TD6 las zonas boscosas son mucho más escasas.

8. CONCLUSIONES

En el estudio realizado, los análisis zooarqueológicos y tafonómicos del conjunto avifaunístico del nivel TE9d de Sima del Elefante han ayudado a comprender como fueron acumulados en el depósito.

1. Los taxones identificados en este conjunto corresponden a grandes rapaces como el pigargo europeo, águila real o águila imperial, Charadriiformes y principalmente córvidos. Estos representan el 98% de los restos de la acumulación.
2. Por tallas de peso, apreciamos que los restos de aves de talla media son los más abundantes seguidos por talla grande y la talla pequeña.
3. Los individuos adultos predominan en toda la muestra, mientras que los inmaduros representan un 1%, una proporción baja.
4. La composición anatómica revela como los huesos largos como el tarsometatarso, ulna y carpometacarpo son los más abundantes. Las ratios esqueléticas son similares entre todas las tallas, exceptuando la ratio alas/patas, en la que la talla media presenta más alas en diferencia a la grande y pequeña, donde preponderan las patas. En las tres tallas predominan las extremidades al torso y los elementos proximales a los distales.
5. Respecto a la fracturación, las fracturas modernas son las más representativas en todo el conjunto (66,5%) debido principalmente al proceso de excavación. Por otra parte, las fracturas antiguas (13,1%) y restos completos (20,5%) son notablemente menos abundantes. La integridad de los esqueletos para la talla grande y media es más elevada (10,8 y 13%), comparada con la de la talla pequeña, que es ligeramente inferior (6,1%), aun siendo bajos en todos los casos.
6. No se han documentado evidencias antrópicas o de carnívoros, por lo que la actividad de homínidos y carnívoros en el conjunto avifaunístico queda descartada.
7. La presencia de modificaciones por picos y digestiones revela que las aves rapaces fueron las principales agentes acumuladoras del conjunto.
8. A partir de la representación anatómica, los grados de digestión y la localización de las modificaciones por pico, podemos afirmar que las rapaces diurnas han sido agentes activos en la acumulación. Estas habrían acumulado sobre todo aves de talla media y grande. Algunas de las especies responsables de dicha acumulación

podrían ser: *Haliaeetus albicilla*, *Aquila adalberti*, *Aquila heliaca*, *Falco peregrinus* o *Falco tinnunculus*.

9. La actividad de rapaces nocturnas también se ha documentado en la muestra estudiada. Los grados ligeros y moderados de digestión, presentes en elementos de todas las tallas, indica que estas rapaces han participado en la acumulación de aves de todas las tallas del conjunto. En concreto, se hace más evidente entre las aves de talla media, teniendo en cuenta el porcentaje de restos completos, la representación anatómica, los grados de digestión y los porcentajes de modificaciones por picos. *Bubo bubo* y *Strix aluco* podrían ser las dos especies de rapaces nocturnas responsables de la acumulación de aves en el yacimiento.
10. La equifinalidad de las modificaciones, sumada a la falta de estudios determinantes, ha dificultado la identificación de los agentes acumuladores. En este estudio ha resultado complicado diferenciar la acción de las rapaces diurnas y nocturnas más allá de los datos que se han aportado.
11. La presencia de individuos inmaduros, además de un elemento con hueso medular, indicaría que parte de la acumulación de las mismas especies que pudieron habitar las paredes rocosas de la cueva, principalmente córvidos, se habría producido por muerte natural. De todas formas, la baja representación de inmaduros indica que este tipo de acumulación sería muy marginal.
12. Las alteraciones postdeposicionales como los rodados o pulidos identificados sobre algunos restos indican que parte de la muestra ha sufrido algún tipo de transporte por arrastre dentro del paquete sedimentario de arcillas.

9. PERSPECTIVAS DE FUTURO

La presencia de aves en los conjuntos arqueológicos pleistocenos es relevante. El estudio tafonómico de estos restos permite establecer la relación de estos restos con los grupos de homínidos y con el medio en el que estos vivieron.

El consumo de aves por parte de los homínidos y la identificación de aves rapaces como agentes acumuladores del registro son preguntas que se pueden responder a partir de los estudios tafonómicos en conjuntos avifaunísticos como hemos demostrado en el estudio del nivel TE9d de Sima del Elefante.

Por otro lado, los datos tafonómicos relacionados con las modificaciones realizadas por los diferentes agentes acumuladores de aves deben aumentar y mejorar. Por ello, también se pretende llevar a cabo estudios neo-tafonómicos sobre acumulaciones de aves generadas por rapaces y carnívoros con tal de comparar patrones, pero, sobre todo, para caracterizar con más precisión algunos tipos de marcas que aún generan dificultad a la hora de identificarlas (marcas de picos, garras, arrastres, digeridos y mordiscos).

A partir de este trabajo se ha planteado el inicio de lo que se pretende que sea una carrera investigadora centrada en establecer la relación entre las aves y los grupos humanos durante el Pleistoceno. Para ello se ha planteado realizar una tesis doctoral en la que se estudiarán conjuntos de diferentes yacimientos arqueológicos pleistocenos de la Sierra de Atapuerca y de otros enclaves de la Península Ibérica.

El estudio del conjunto avifaunístico de Sima del Elefante ha permitido revelar la importancia de las acumulaciones de aves en yacimientos arqueológicos. La presencia de restos de ave en depósitos pleistocenos es mucho más frecuente de lo que se cree y, por ello, es necesario disponer de trabajos neo-tafonómicos de referencia. Seguidamente, se proponen los siguientes estudios:

- Realizar el mismo análisis tafonómico a partir de los restos de aves de los otros niveles del propio yacimiento, con el fin de observar las posibles variaciones en la acumulación de las aves. Estas variaciones podrían traducirse en constatar la actuación de otros agentes como, por ejemplo, grupos humanos o bien carnívoros.
- Llevar a cabo estudios neo-tafonómicos sobre acumulaciones de aves generadas por rapaces con tal de comparar patrones, pero, sobre todo, para caracterizar con más

precisión algunos tipos de marcas que aún generan dificultad a la hora de identificarlas (marcas de picos, garras, arrastres o digeridos).

- Contrastar el conjunto estudiado con los otros conjuntos avifaunísticos de la Sierra de Atapuerca, con tal de analizar las semejanzas o diferencias en los patrones de acumulación, como la interacción con los grupos humanos que habitaron la Sierra a lo largo del Pleistoceno.
- Incidir en la evolución diacrónica de la presencia de aves en yacimientos arqueológicos.
- Por último, comparar la acumulación de Sima del Elefante con yacimientos avifaunísticos de las mismas cronologías. Esto permitiría acabar de profundizar sobre las relaciones entre los grupos humanos del Pleistoceno inferior y las aves, así como conocer sus agentes acumuladores más habituales en este periodo.

10. BIBLIOGRAFÍA

A

- 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.
- Arilla, M., Rufà, A., Rosell, J., Blasco, R. (2020). Small carnivores' cave-dwelling: neotaphonomic study of a badger (*Meles meles*) sett and its archaeological implications. *Historical Biology*, 32(7), 951-965.
- Arzarello, M., Marcolini, F., Pavia, G., Pavia, M., Petronio, C., Petrucci, M., Rook, L., Sardella, R. (2007). Evidence of earliest human occurrence in Europe: the site of Pirro Nord (Southern Italy). *Naturwissenschaften*, 94(2), 107-112.

B

- Baumel, J.J., King, A.S., Breazile, J.E., Evans, H.E., Berge, J.C.V. (1993). *Handbook of Avian Anatomy: Nomina Anatomica Avium*. Nuttall Ornithological Club, Cambridge.
- Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4(2), 150-162.
- Behrensmeyer, 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.
- Behrensmeyer, A. K. (1990). Bones: in BRIGGS, DEG, and CROWTH-ER, PR, eds., *Palaeobiology*.
- Berna, F., Goldberg, P., Mcpherron, S. P., Richter, D. (2009). A preliminary report on Pech de l'Azé IV, layer 8 (Middle Paleolithic, France). *PaleoAnthropology*, 182, 219.
- Binford, L.R. (1978). *Nunamiut ethnoarchaeology*. Academic Press, Estados Unidos de América.
- Binford, L.R. (1984). *Faunal remains from Klasies River Mouth*. Academic Press, Estados Unidos de América.
- Blanco-Lapaz, A., Martínez-Monzón, A., Blain, H. A., Cuenca-Bescós, G. (2021). Early-Middle Pleistocene freshwater ecosystems in the Sierra de Atapuerca (northern Iberia) based on the Gran Dolina fish record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 110444.
- 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*

- subnivell TD10-1 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos)* Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. (Tesis doctoral).
- Blasco, R., Rosell, J., Peris, J. F., Arsuaga, J. L., de Castro, J. M. B., 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.
- Blasco, R., Finlayson, C., Rosell, J., Sánchez-Marco, A., Finlayson, S., Finlayson, G., Negro, J.J., Pacheco, F.G., Vidal, J.R., (2014). The earliest pigeon fanciers. *Science Reports* 4, 5971.
- Blasco, R., Rosell, J., Rufà, A., Marco, A. S., Finlayson, C. (2016). Pigeons and choughs, a usual resource for the Neanderthals in Gibraltar. *Quaternary International*, 421, 62-77.
- Blasco, R., Rosell, J., Sánchez-Marco, A., Gopher, A., Barkai, R. (2019). Feathers and food: human-bird interactions at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel. *Journal of human evolution*, 136, 102653.
- Blay, F. (1992). Cueva Merinel (Bugarra). Análisis de la fauna. Estudios de Arqueología ibérica y romana. Homenaje a Enrique Pla Ballester. Serie de Trabajos Varios del sip, 89, 283-287.
- Bochenski, Z. M., Tomek, T., Boev, Z., Mitev, I. (1993). Patterns of bird bone fragmentation in pellets of the Tawny Owl (*Strix aluco*) and the Eagle Owl (*Bubo bubo*) and their taphonomic implications. *Acta zoologica cracoviensia*, 36(2), 313-328.
- Bochenski, Z. M. (1994). The comparative osteology of grebes [Aves: Podicipediformes] and its systematic implications. *Acta zoologica cracoviensia*, 37(1).
- Bochenski, Z. M., Tomek, T. (1994). Pattern of bird bone fragmentation in pellets of the Long-eared Owl *Asio otus* and its taphonomic implications. *Acta zoologica cracoviensia*, 37(1).
- Bochenski, Z. M., Tomek, T. (1997). Preservation of bird bones: erosion versus digestion by owls. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7(4), 372-387.
- Bochenski, Z. M., Huhtala, K., Jussila, P., Pulliainen, E., Tornberg, R., Tunkkari, P. S. (1998). Damage to bird bones in pellets of gyrfalcon *Falco rusticolus*. *Journal of Archaeological Science*, 25(5), 425-433.
- Bochenski, Z. M., Huhtala, K., Sulkava, S., Tornberg, R. (1999). Fragmentation and preservation of bird bones in food remains of the Golden Eagle *Aquila chrysaetos*. *Archaeofauna*, 8(3), 31-39.
- Bochenski, Z. M., Nekrasov, A. E. (2001). The taphonomy of sub-Atlantic bird remains from Bazhukovo III, Ural Mountains, Russia. *Acta zoologica cracoviensia*, 44(2), 93-106.

- Bochenski, Z. M., Tornberg, R. (2003). Fragmentation and preservation of bird bones in uneaten food remains of the Gyr Falcon *Falco rusticolus*. *Journal of Archaeological Science*, 30(12), 1665-1671.
- Bochenski, Z. M. (2005). Owls, diurnal raptors and humans: signatures on avian bones. *Biosphere to lithosphere. New studies in vertebrate taphonomy*, 31-45.
- Bochenski, Z. M., Tomek, T., Tornberg, R., Wertz, K. (2009). Distinguishing nonhuman predation on birds: pattern of damage done by the white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla*, with comments on the punctures made by the golden eagle *Aquila chrysaetos*. *Journal of Archaeological Science*, 36(1), 122-129.
- Boev, Z. (1997). Ornithoarchaeology in Bulgaria: development and results. *Archaeol. Bulg.*, 1(2), 71-80.
- Brain, C. K. (1983). *The hunters or the hunted: an introduction to African cave taphonomy*. University of Chicago Press.
- Bramwell, D., Yalden, D. W., Yalden, P. E. (1987). Black grouse as the prey of the golden eagle at an archaeological site. *Journal of Archaeological Science*, 14(2), 195-200.
- Broughton, J. M., Mullins, D., Ekker, T. (2007). Avian resource depression or intertaxonomic variation in bone density? A test with San Francisco Bay avifaunas. *Journal of Archaeological Science*, 34(3), 374-391.

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, Tarragona. (Tesis doctoral).
- Campbell Jr, K. E., Bochenski, Z. M. (2015). The Owls (Aves: Strigiformes) of Rancho La Brea. *La Brea and beyond: The paleontology of asphalt-preserved biotas, ed. JM Harris. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series*, (42), 5-21.
- Cavallini, P., Volpi, T. (1995). Biases in the analysis of the diet of the red fox *Vulpes vulpes*. *Wildlife Biology*, 1(1), 243-248.
- Cohen, A. y Serjeantson, D. (1996): *A manual for the identification of Bird Bones from archaeological sites*. Revised Edition. Edited by A. P. Ltd. London.
- Comay, O., Dayan, T. (2018). Taphonomic signatures of owls: new insights into micromammal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 492, 81-91.

- Cuenca-Bescós., Canudo, J. I., Laplana, C. (2001). La séquence des rongeurs (Mammalia) des sites du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105(1), 115-130.
- Cuenca-Bescós, G., García, 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., De Marfá, R. 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., 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.
- Cuenca-Bescós, G., Ardévol, J. R., Morcillo-Amo, Á., Galindo-Pellicena, M. Á., Santos, E., Costa, R. M. (2017). Beavers (Castoridae, Rodentia, Mammalia) from the quaternary sites of the Sierra de Atapuerca, in Burgos, Spain. *Quaternary International*, 433, 263-277.

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(0): 95-106.
- Delibes, M. (1980). Feeding ecology of the Spanish lynx in the Coto Doñana. *Acta Theriologica*, 25(24), 309-324.
- Desclaux, E. (1992). Les petits vertèbres de la Caune de l'Arago à Tautavel. *Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 35, 35-64.
- Dirrigl, F. J. J. (2001). Bone mineral density of wild turkey (*Meleagris gallopavo*) skeletal elements and its effect on differential survivorship. *Journal of Archaeological Science*, 28(8), 817-832.

Domínguez-Rodrigo, M., Pickering, T. R., Bunn, H. T. (2012). Experimental study of cut marks made with rocks unmodified by human flaking and its bearing on claims of ~ 3.4-million-year-old butchery evidence from Dikika, Ethiopia. *Journal of Archaeological Science*, 39(2), 205-214.

Driver, J. C. (1982). Medullary bone as an indicator of sex in bird remains from archaeological sites. *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*, 109, 251-254.

E

Efremov, J. A. (1940). Taphonomy: a new branch of geology. *Pan-Am. Geologist*, 74, 81-93.

Erbersdobler, K. (1968). *Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postcranialen Skelettes in Mitteleuropa vorkommender mittelgrosser Hühnervögel*. Universität München, München.

Ericson, P. G. (1987). Interpretations of archaeological bird remains: a taphonomic approach. *Journal of archaeological science*, 14(1), 65-75.

F

Fernández-Jalvo, Y. (1993). *Tafonomía de microvertebrados del complejo cárstico de Atapuerca:(Burgos)* (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid).

Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P. (2000). The taphonomy of Pleistocene caves, with particular reference to Gibraltar. *Neanderthals on the Edge*, 171-182.

Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., Denys, C., Sesé, C., Stoetzel, E., Marin-Monfort, D., Pesquero, D. (2016). Taphonomy for taxonomists: implications of predation in small mammal studies. *Quaternary Science Reviews*, 139, 138-157.

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

Fernández-Lomana, C. D. (2006). Huellas de descarnado en el Paleolítico Medio: La cueva de Valdegoba (Burgos). *Zona Arqueológica*, (7), 305-318.

Fick, O. (1974). *Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen europäischer Taubenarten*. Dissertation Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin, München.

Finlayson, C., Brown, K., Blasco, R., Rosell, J., Negro, J.J., Bortolotti, G.R., Finlayson, G., Sánchez Marco, A., Pacheco, F.G., Rodríguez-Vidal, J., Carrión, J.S., Fa, D.A., Rodríguez Llanes, J.M. (2012). Birds of a feather: Neanderthal exploitation of raptors and corvids. *PLoS One* 7(9), e45927.

Fiore, I., Gala, M., Tagliacozzo, A. (2004). Ecology and subsistence strategies in the Eastern Italian Alps during the Middle Palaeolithic. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14(3-4), 273-286.

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

G

Gál, E. (2008). Faunal and taphonomic analyses of a Late Pleistocene bird-bone assemblage from a cave deposit in north-west Hungary. *Geobios*, 41(1), 79-90.

García, N., Arsuaga, J. L. (1998). The carnivore remains from the hominid-bearing Trinchera-Galería, Sierra de Atapuerca, Middle Pleistocene site (Spain). *Geobios*, 31(5), 659-674.

García, E., Menéndez, M. (1998). Instrumentos musicales paleolíticos: la flauta magdalenense de la Cueva de la Güelga (Asturias). *Espacio Tiempo y Forma. Serie I, Prehistoria y Arqueología*, (11).

García, N., & Arsuaga, J. L. (1999). Carnivores from the early pleistocene hominid-bearing trinchera dolina 6 (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 415-430.

García, N., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E., Rosas, A. y Huguet, R. (2008). The Epivillafranchian carnivore *Pannonictis* (Mammalia, Mustelidae) from Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Spain) and a revision of the Eurasian occurrences from a taxonomic perspective. *Quaternary International*, 179(1), 42-52.

Gaudzinski-Windheuser, S., Niven, L. (2009). Hominin subsistence patterns during the Middle and Late Paleolithic in northwestern Europe. In *The evolution of Hominin diets* (pp. 99-111). Springer, Dordrecht.

Gilbert, B.M., Martin, L.D., Savage, H.G. (1981). *Avian osteology*. Wyo, Laramie.

Güleç, E., White, T., Kuhn, S., Özer, I., Sağır, M., Yılmaz, H., Howell, F. C. (2009). The Lower Pleistocene lithic assemblage from Dursunlu (Konya), central Anatolia, Turkey. *Antiquity*, 83(319).

H

Higgins, J. (1999). Túnel: a case study of avian zooarchaeology and taphonomy. *Journal of archaeological science*, 26(12), 1449-1457.

Holm, S. R., Svenning, J. C. (2014). 180,000 years of climate change in Europe: avifaunal responses and vegetation implications. *PloS one*, 9(4), e94021.

- 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. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. (Tesis doctoral).
- Huguet, R., Saladié, P., Cáceres, I., Díez, C., Rosell, J., Bennàsar, M., Blasco, R., Esteban-Nadal, M., Gabuccio, J., Rodríguez-Hidalgo, A., Carbonell E. (2013) Successful subsistence strategies of the first humans in south-western Europe *Quaternary International*, 295 (2013), pp. 168-182.
- Huguet, R., Vallverdú, J., Rodríguez-Álvarez, X. P., Terradillos-Bernal, M., Bargalló, A., Lombera-Hermida, A., Menéndez, L., Modesto-Mata, M., Van der Made, J., Soto, M., Blain, H.-A., García, N., Cuenca-Bescós, G., Gómez-Merino, G., Pérez-Martínez, R., Expósito, I., Allué, E., Rofes, J., Burjachs, F., Canals, A., Benàssar, M., Núñez-Lahuerta, C., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2017). Level TE9c of Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Spain): A comprehensive approach. *Quaternary International*, 433, 278-295.

I

- Iturbe, G., Fumanal, M.P., Carrión, J.S., Cortell, E., Martínez, R., Guillem, P.G., Garralda, M.D., Vandermeersch, B. (1993). Cova Beneito (Muro, Alicante): una perspectiva interdisciplinar. *Recerques del Museu d'Alcoi II*, 23–88.

K

- Klein, R. G., Cruz-Urbe, K. (1984). *The analysis of animal bones from archeological sites*. University of Chicago press.
- Kraft, E. (1972). *Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen Nordund Mitteleuropäischer Kleinerer Hühnervögel*. Universität München, München.
- Krajcarz, M., Krajcarz, M. T. (2014). The red fox (*Vulpes vulpes*) as an accumulator of bones in cave-like environments. *International Journal of Osteoarchaeology*, 24(4), 459-475.

L

- Laroulandie, V. (2000). *Taphonomie et archéozoologie des Oiseaux en grotte: applications aux sites paléolithiques du Bois-Ragot (Vienne), de Combe Saunière (Dordogne) et de La Vache (Ariège)* (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).
- Laroulandie, V. (2001). Les traces liées à la boucherie, à la cuisson et à la consommation d'oiseaux: apport de l'expérimentation. En: L. Bourguignon, I. Ortega, M.C. Frère Sautot (eds.), *Préhistoire et Approche Expérimentale*. Montagnac, pp. 97.

- Laroulandie, V. (2002) Damage to Pigeon long bones in pellets of the Eagle Owl *Bubo bubo* and food remains of Peregrine Falcon, *Falco peregrinus*: zooarchaeological implications. *Acta zoologica cracoviensia* 45 (special issue), 331e339.
- Laroulandie, V. (2005). Anthropogenic versus non-anthropogenic bird bone assemblages: new criteria for their distinction. *Biosphere to Lithosphere: New Studies in Vertebrate Taphonomy*. Oxford: Oxbow Books, 25-30.
- Laroulandie, V., Costamagno, S., Cochard, D., Mallye, J.-B., Beauval, C., Castel, J.C., Ferrié, J.G., Gourichon, L., Rendu, W. (2008). Quand désarticuler laisse des traces: le cas de l'hyperextension du coude. *Annales de Paléontologie* 94, 287–302.
- Laroulandie, V. (2010). 21 Alpine chough *Pyrrhocorax graculus* from Pleistocene sites between Pyrenees and Alps: natural versus. In *Birds in Archaeology: Proceedings of the 6th Meeting of the ICAZ Bird Working Group in Groningen (23.8-27.8. 2008)* (Vol. 12, p. 219).
- Laroulandie, V., Faivre, J. P., Gerbe, M., Mourre, V. (2016). Who brought the bird remains to the Middle Palaeolithic site of Les Fieux (Southwestern, France)? Direct evidence of a complex taphonomic story. *Quaternary international*, 421, 116-133.
- Laroulandie, V., Morin, E., Soulier, M. C., Castel, J. C. (2020). Bird procurement by humans during the Middle and early Upper Paleolithic of Europe: New data for the Aurignacian of southwestern France. *Quaternary International*, 543, 16-24.
- Lefèvre, C., Pasquet, E. (1994). Les modifications post-mortem chez les oiseaux: l'exemple de l'avifaune holocène de Patagonie australe: Micromammifères, oiseaux et problèmes taphonomiques. *Artefacts (Viroinval)*, 9, 217-229.
- Lentacker, A., Van Neer, W. (1996). Bird Remains from Two Sites on the Red Sea Coast and some Observations on Medullary Bone. *International Journal of Osteoarchaeology* 6, 488– 496.
- Livingston, S. D. (1989). The taphonomic interpretation of avian skeletal part frequencies. *Journal of Archaeological Science*, 16(5), 537-547.
- Llona, A. C. P., Andrews, P. J. (1999). Amphibian taphonomy and its application to the fossil record of Dolina (middle Pleistocene, Atapuerca, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149(1-4), 411-429.
- Lloveras, L., Moreno-Garcia, M., Nadal, J. (2008a). Taphonomic study of leporid remains accumulated by the Spanish Imperial Eagle (*Aquila adalberti*). *Geobios*, 41(1), 91-100.

- Lloveras, L., Moreno-García, M., Nadal, J. (2008b). Taphonomic analysis of leporid remains obtained from modern Iberian lynx (*Lynx pardinus*) scats. *Journal of Archaeological Science*, 35(1), 1-13.
- Lloveras, L., Moreno-García, M., Nadal, J., Thomas, R. (2014a). Blind test evaluation of accuracy in the identification and quantification of digestion corrosion damage on leporid bones. *Quaternary International*, 330, 150-155.
- Lloveras, L., Nadal, J., Moreno-García, M., Thomas R., Anglada, J., Baucells, J., Martorell, C., Vilasis, D. (2014b). The role of the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) as a bone accumulator in cliff rock shelters: an analysis of modern bone nest assemblages from North-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science*, 44, 76-90.
- Lloveras, L., Thomas, R., Lourenço, R., Caro, J., Dias, A. (2014c). Understanding the taphonomic signature of Bonelli's Eagle (*Aquila fasciata*). *Journal of archaeological science*, 49, 455-471.
- Lloveras, L., Cosso, A., Solé, J., Claramunt-López, B., Nadal, J. (2018a). Taphonomic signature of golden eagles (*Aquila chrysaetos*) on bone prey remains. *Historical Biology*, 30(6), 835-854.
- Lloveras, L., Garcia, L., Maroto, J., Soler, J., Soler, N. (2018b). The bird assemblage from the Middle Palaeolithic level I of Arbreda Cave: A taphonomic story. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 758-770.
- Lloveras, L., Nadal, J. (2020) Estudio experimental del procesado de carcasas de aves. Interpretando el consumo de anátidas en contextos paleolíticos. *SAGVNTVM Extra*, 21, 49-59.
- Lloveras, L., Garcia, L., Marqueta, M., Maroto, J., Soler, J., Soler, N. (2020a). The role of birds in Upper Palaeolithic sites: Zooarchaeological and taphonomic analysis of the avian remains from Arbreda Cave (Serinyà, northeast Iberia). *Quaternary International*.
- Lloveras, L., Salazar, R., García-Argüelles, P., Nadal, J. (2020b). Birds and Epipalaeolithic hunter-gatherers in northeast Iberia. The case of the Balma del Gai site. *Quaternary International*, 543, 25-33.
- Lorenzo C., Pablos, A., Carretero, J.M., Huguet, R., Vallverdú, J., Martín-Torres, M., Arsuaga, J.L., Cabonell, E., Bermúdez de Castro, J.M. (2015) - Early Pleistocene human hand phalanx from the Sima del Elefante (TE) cave site in Sierra de Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution*, 78: 114-121.
- Louchart, A., Mourer-Chauviré, C., Guleç, E., Howell, F. C., White, T. D. (1998). L'avifaune de Dursunlu, Turquie, Pléistocène inférieur: climat, environnement et

biogéographie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*, 327(5), 341-346.

Lumley, H., Echassoux, A., Bailon, S., Cauche, D., Marchi, M.-P., Desclaus, E., Guennouni, K., Lacomat, F., Roger, T., Valenci, V., 2004. *Le sol d'occupation acheuléen de l'unité archéostratigraphique UA 25 de La Grotte du Lazaret* (p. 496). Edisud.

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

Lyman, R.L. (2008). *Quantitative Paleozoology*. Cambridge University Press, United States of America.

M

Maguire, J. M., Pemberton, D., Collett, M. H. (1980). The Makapansgat limeworks grey breccia: hominids, hyaenas, hystricids or hillwash? *Palaeontologia Africana* 23, 75-98.

Mannermaa, K., Rainio, R. (2020). Needle case, sound instrument or something else? A worked and ornamented swan (*Cygnus* sp.) ulna from a Late Mesolithic male burial, Yuzhniy Oleniy Ostrov, Northwest Russia. *Quaternary International*, 543, 34-42.

Martínez Valle, R. (1996). *Fauna del pleistoceno superior en el País Valenciano: aspectos económicos, huellas de manipulación y valoración paleo-ambiental*. Universitat de València, València. (Tesis doctoral).

Martínez Valle, R., Calatayud, P. M. G., Bonilla, V. V. (2016). Bird consumption in the final stage of Cova Negra (Xàtiva, Valencia). *Quaternary International*, 421, 85-102.

Mlíkovský, J. (1996). New data on the food of the White-tailed Sea Eagle (*Haliaeetus albicilla*) in the Svjatoj Nos wetlands, Lake Baikal. *Buteo*, 8, 115-118.

Mlíkovský, J. (2009). The food of the white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*) at Lake Baikal, East Siberia. *Slovak Raptor Journal*, 3, 35.

Monchot, H., Gendron, D. (2011). Les restes osseux d'une tanière de renard en milieu périglaciaire (Iles Digges, Rive sud du détroit d'Hudson, Canada). *Taphonomie des petits vertébrés: référentiels et transferts aux fossiles. Archaeopress, BAR International Series*, 2269, 65-76.

Montoya, P., Alberdi, M. T., Blázquez, A. M., Barbadillo, L. J., van der Made, J., Marín, J. M., Molina, A., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz Bustos, A., Sánchez-Marco, A., Sanchiz, B., Soria, D. & Szyndlar, Z. (1999). La fauna del Pleistoceno inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios geológicos*, 55(3-4), 127-161.

- Morin, E., Laroulandie, V. (2012). Presumed symbolic use of diurnal raptors by Neanderthals. *PLoS One*, 7(3), e32856.
- Mourer-Chauviré, C. (1975). *Les oiseaux du Pléistocène moyen et supérieur de France. 2ème fascicule* (Vol. 64, No. 2). Persée-Portail des revues scientifiques en SHS.
- Mourer-Chauviré, C. (1983). Les oiseaux dans les habitats paléolithiques: gibier des hommes ou proies des rapaces. *Animals and archaeology*, 2, 111-124.
- Mourer-Chauviré, C. (1989) Les oiseaux. In: Campy M, Chaline J, Vuillemeys M, editors. La Baume de Gigny. *Gallia Préhist XXVII* suppl. 121–129.

N

- Nabais, M., Pimenta, C., (2015). Bird bones from Gruta da Figueira Brava (Arrábida, Portugal). *Programme and abstracts book. 5th Postgraduate Zooarchaeology Forum*, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Tarragona, p. 27.
- Núñez-Lahuerta, C., Cuenca-Bescós, G., Huguet, R. (2016). First report on the birds (Aves) from level TE7 of Sima del Elefante (Early Pleistocene) of Atapuerca (Spain). *Quaternary International*, 421, 12-22.
- Núñez-Lahuerta, C. (2019) Evolución de las faunas fósiles de aves del Cuaternario de Aragón y del Norte de la Península Ibérica. Universidad de Zaragoza, Zaragoza. (Tesis doctoral).
- Núñez-Lahuerta, C., Moreno Azanza, M., Cuenca-Bescós, G. (2019). Avian eggshell remains in the human bearing level TD6 of the Gran Dolina site (Early Pleistocene, Atapuerca, Spain). *Historical Biology*, 33(5), 660-671.
- Núñez-Lahuerta, C., Galán, J., Cuenca-Bescós, G., Huguet, R. (2021) Birds from Sima del Elefante, Atapuerca, Spain: Palaeoecological implications in the oldest human bearing levels of the Iberian Peninsula. *Rivista Italiana Di Paleontologia E Stratigrafia*, 127(2).

O

- Ollé, A., Trabalon, F. (2019) *Aves rapaces de Europa*. Omega.
- Olsen, S. L., Shipman, P. (1988). Surface modification on bone: trampling versus butchery. *Journal of archaeological science*, 15(5), 535-553.

P

- Parés, J. M., Pérez-González, A., Rosas, A., Benito, A., Bermúdez de Castro, J. M., 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.

Potter, R. M., Rossman, G. R. (1979). The tetravalent manganese oxides: identification, hydration, and structural relationships by infrared spectroscopy. *American mineralogist*, 64(11-12), 1199-1218.

R

Radovčić, D., Sršen, A. O., Radovčić, J., Frayer, D. W. (2015). Evidence for Neandertal jewelry: Modified white-tailed eagle claws at Krapina. *PloS one*, 10(3), e0119802.

Reitz, E. J., Wing, E. S. (1999). *Zooarchaeology*. Cambridge University Press.

Rodríguez, A., Delibes, M. (1990). El lince ibérico (*Lynx pardina*) en España: distribución y problemas de conservación. ICONA (Former Spanish Institute for nature conservation), Madrid.

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, P., 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(11-12), 1396-1412.

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., Marín, J., Canals, A. (2016). Bird-bone modifications by Iberian lynx: A taphonomic analysis of non-ingested red-legged partridge remains. *Quaternary International*, 421, 228-238.

Rodríguez-Hidalgo, A., Morales, J. I., Cebrià, A., Courtenay, L. A., Fernández-Marchena, J. L., García-Argudo, G., Marín, J., Saladié, P., Soto, M., Tejero, J.-M., Fullola, J.-M. (2019). The Châtelperronian Neanderthals of Cova Foradada (Calafell, Spain) used imperial eagle phalanges for symbolic purposes. *Science advances*, 5(11), eaax1984.

Roger, T. (2004). *L'avifaune du Pléistocène moyen et supérieur du bord de la Méditerranée européenne: Orgnac 3, Lazaret (France), Caverna delle Fate, Arma delle Manie (Italie), Kalamakia (Grèce), Karain E (Turquie)*. *Paléontologie, Taphonomie et*

Paléoécologie (Doctoral dissertation, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS).

- Romandini, M., Peresani, M., Laroulandie, V., Metz, L., Pastoors, A., Vaquero, M., Slimak, L. (2014). Convergent evidence of eagle talons used by late Neanderthals in Europe: a further assessment on symbolism. *PloS one*, 9(7), e101278.
- Rosas, A., Carbonell, E., Cuenca, G., García, N., Fernández Jalvo, Y., Van der Made, J., Ollé, A., Parés, J. M., Pérez González, A., Sánchez Marco, A., Sánchez Chillón, B., Valverdú, J. (1998). Cronología, bioestratigrafía y paleoecología del Pleistoceno medio de Galería (Sierra de Atapuerca, España). *Revista Española de Paleontología*, 13(1), 71-80.
- Rosas, A., Pérez-González, A., Carbonell, E., van der Made, J., Sánchez, A., Laplana, C., Cuenca-Bescós, 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.
- Rosas, A., Huguet, R., Pérez González, A., Carbonell, E., Vallverdú, J., Van der Made, J., Allué, E., García, N., Pérez-Martínez, R., Rodríguez Méndez, J., Sala, R., Saladié, P., Simón, G., Martínez-Maza, C., Bastir, M., Sanchez, A., Parés, J.M. (2004). Initial approach to the site formation and paleoecology of the Sima del Elefante: a Pleistocene karst locality at Atapuerca Hill. In: *Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre*. Geología. Alcalá de Henares, Museo Arqueológico Regional. Geología.
- Rosas, A., Huguet, R., Pérez-González, A., Carbonell, E., de, J. M. B., Vallverdú, J., Rodríguez, J., Sala, R., Saladié, P., Benito, A., Martínez-Maza, C., Bastir, M., Sánchez, A., Parés, J. M. (2006). The “Sima del Elefante” cave site at Atapuerca (Spain) *Estudios Geológicos*, 62 (1), 327-348.
- Rufà, A., Blasco, R., Roger, T., Moncel, M. H. (2016a). What is the taphonomic agent responsible for the avian accumulation? An approach from the Middle and early Late Pleistocene assemblages from Payre and Abri des Pêcheurs (Ardèche, France). *Quaternary International*, 421, 46-61.
- Rufà, A., Blasco, R., Rivals, F., Rosell, J. (2016b). Who eats whom? Taphonomic analysis of the avian record from the Middle Paleolithic site of Teixoneres Cave (Moià, Barcelona, Spain). *Quaternary International*, 421, 103-115.
- Rufà, A. (2017). El papel de las pequeñas presas en la dieta humana del Paleolítico medio y superior. Una visión diacrónica desde el valle del Ródano al arco mediterráneo. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. (Tesis Doctoral).

Rufà, A., Laroulandie, V. (2019). Prey size as a critical factor for bird bone taphonomy in Eagle Owl (*Bubo bubo*) pellets. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.

Rufà, A., Laroulandie, V. (2020). Carnívoros y carroñeros. Una nueva visión sobre la depredación de los lobos sobre las aves carroñeras y su implicación en el registro arqueológico. *ArkeoGazte: Revista de arqueología-Arkelogia aldizkaria*, (10), 127-140.

S

Saladié, P. (2009). Mossegades D'omnívors. Aproximació experimental i aplicació zooarqueològica a la Sierra de Atapuerca. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. (Tesis doctoral).

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

Sánchez-Marco, A. (1999a). Aves del yacimiento mesopleistoceno del yacimiento de Galería (Sierra de Atapuerca): patrones ecológicos en el Pleistoceno Medio. In *Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería* (pp. 211-224). Consejería de Educación y Cultura.

Sánchez-Marco, A. (1999b). Nuevas aves fósiles del yacimiento mesopleistocénico de Ambrona (Soria, España). *Trabajos de Prehistoria*, 56(1), 115-118.

Sánchez-Marco, A. (1999c). Implications of the avian fauna for paleoecology in the Early Pleistocene of the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 375-388.

Sánchez-Marco, A. (2004). Avian zoogeographical patterns during the Quaternary in the Mediterranean region and paleoclimatic interpretation. *Ardeola*, 51(1), 91-132.

Sánchez-Marco A (2005). Avifaunas cuaternarias de la península ibérica: sistemática, paleoecología y paleozoografía (Quaternary avifaunas from the Iberian Peninsula: systematics, paleoecology and zoogeography) [PhD Dissertation]. Universidad Autónoma de Madrid. 503p.

Sánchez-Marco, A. (2018). Aves fósiles de la Península Ibérica, Canarias y Baleares: balance de los estudios realizados. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 26(94), 154-181.

Serjeantson, D. (2002). Goose husbandry in Medieval England, and the problem of ageing goose bones. *Acta zoologica cracoviensia*, 45, 39-54.

Serjeantson, D., (2009). Birds. *Cambridge University Press*, New York.

- Shipman, P. (1981). *Life history of a fossil: an introduction to taphonomy and paleoecology*. Harvard University Press, Harvard.
- Shipman, P., Rose, J. J. (1984). Cutmark mimics on modern and fossil bovid bones. *Current Anthropology*, 25(1), 116-117.
- Soressi, M., Rendu, W., Texier, P. J., Claud, É., d'Errico, F., Laroulandie, V., Maureille, B., Niclot, M., Schwartz, S., Tillier, A. M. (2008). Pech-de-l'Azé I (Dordogne, France): nouveau regard sur un gisement moustérien de tradition acheuléenne connu depuis le XIXe siècle. *Les Sociétés Paléolithiques d'un Grand Sud-Ouest: Nouveaux Gisements, Nouvelles Méthodes, Nouveaux Résultats*, eds Jaubert J, Bordes J-G, Ortega I (Société Préhistorique Française, Paris), pp 95–132.
- Steadman, D. W., Plourde, A., Burley, D. V. (2002). Prehistoric butchery and consumption of birds in the Kingdom of Tonga, South Pacific. *Journal of Archaeological Science*, 29(6), 571-584.
- Sutcliffe, A., Collings, H. (1972). Gnawed bones from the crag and forest red deposits of East Anglia. *Suffolk Natural History*, 15(6), 497-498.
- Svensson, L., Grant, P. J., Mullarney, K., Zetterström, D., Pijoan, M., & Font, J. (2010). *Guia d'ocells: Europa i regió mediterrània*. Omega.

T

- Tomek, T., Bochenski, Z. M. (2000). *The comparative osteology of European corvids (Aves: Corvidae), with a key to the identification of their skeletal elements*. Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN.
- Tyrberg, T. (1998). *Pleistocene birds of the Palearctic: a catalogue* (No. 27). Nuttall Ornithological Club.

V

- ari Valkama, J., Korpimäki, E., Tolonen, P. (1995). Habitat utilization, diet and reproductive success in the Kes-trel in a temporally and spatially heterogeneous environment. *Ornis Fennica*, 72, 49-61.
- Vilette, P. (1983). Avifaunes du Pléistocène final et de l'Holocène dans le Sud de la France et en Catalogne. *Atacina Carcassonne*, 11, 1-90.
- Vilette, P. (1999). Bilan provisoire sur la chasse aux oiseaux pendant le leptolithique dans le sud de la France. *Les faciès leptolithiques du nord-ouest méditerranéen: milieux naturels et culturels*, 267-276.

Voorhies, M. R. (1969). Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. *Contributions to Geology, University of Wyoming, Special Paper 1*: 1-69.

W

Whitehead, C. C. (2004). Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poultry science*, 83(2), 193-199.

Woelfle, E. (1967). *Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postcranialen Skelettes in Mitteleuropa vorkommender Enten, Halbgänse und Säuger*. Dissertation Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin, München.

Y

Yravedra, J. (2006). Tafonomía aplicada a Zooarqueología. *UNED ediciones*, Madrid.

11. ANEXOS

