



International Erasmus Mundus Master in
QUATERNARY AND PREHISTORY



**Estudio autoecológico y paleoambiental del
Nivel II.1 de La Mina (Barranc de la Boella,
Tarragona, España): una propuesta basada
en el análisis tafonómico-espacial**

David Rodríguez de la Fuente

Director: Antonio Pineda Alcalá

Co-Directora: Palmira Saladié Ballesté

Curso académico 2024/2025



*“Quien con monstruos lucha cuide de no convertirse a su vez en monstruo.
Cuando miras largo tiempo a un abismo, el abismo también mira dentro de ti.”*

*Friedrich Nietzsche,
Más allá del bien y del mal.*

*“Contemplar el abismo me parece una estupidez supina.
Hay en el mundo un montón de cosas mucho más dignas de contemplar.”*

*Andrzej Sapkowski,
Estación de tormentas.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a los directores de este proyecto, Antonio Pineda y Palmira Saladié, por su infinita paciencia conmigo y toda la ayuda que me han aportado durante todo este periodo de trabajo. Gracias por el tiempo invertido en enseñarme a analizar, por todas las correcciones realizadas en el manuscrito y por soportar día tras día miles de dudas. De corazón, gracias.

También quisiera agradecer a la Comisión Evaluadora por la corrección y evaluación de este trabajo.

A María, por las fotos realizadas para el proyecto y que se han utilizado para el trabajo, y a Darío, por el mismo motivo.

A Lloyd, por habernos facilitado el código para el posicionamiento de landmarks en R y habilitar así el trabajo experimental.

A toda la gente que trabaja y ha trabajado previamente en el Barranc de la Boella, gracias por hacer posible este trabajo con vuestro esfuerzo.

A mis padres, por siempre estar ahí ofreciendo su apoyo a lo largo de estos años de estudio y trabajo, por su paciencia y por su preocupación (Sí, cuando digo “el TFM va bien” es verdad, tranquilos).

A Manuel, por haberme ayudado con la modificación de algunas figuras, ya que mi relación con las tecnologías no es la mejor. Que sigamos haciendo barbacoas juntos muchos años más cada vez que pase por Madrid, y espero que esta nueva etapa de tu vida a la que has entrado recientemente te proporcione mucha felicidad durante mucho tiempo.

A mis amigos del pueblo, por no venir a visitarme a Tarragona pero poder contar con su existencia siempre que se les requiere.

A Javi, por las eternas horas que me ha estado aguantando en la sala de colección de referencia del IPHES preguntándole “¿Tú qué crees que es esto?”, y por haberme seguido los debates absurdos que todos sabíamos que él tenía razón. Sigo pensando que aquel hueso quizás era de *Rangifer tarandus*. Que la tradición de los viernes de Can Peret no acabe nunca.

A Can Peret y Valentina, por ofrecerme zumo de cebada cada viernes.

A los que las circunstancias os hace mudaros de un sitio a otro para seguir creciendo, ojalá la vida y el tiempo os ofrezca todo lo que os merecéis.

A los que habéis formado parte de mi vida y ya no estáis, gracias por haberme hecho crecer, madurar y aprender.

A mí mismo, porque debemos seguir avanzando hasta que nuestras acciones tengan recompensa. Gracias David.

RESUMEN

El Barranc de la Boella es un yacimiento arqueológico clave para la investigación sobre las migraciones hacia el oeste del continente europeo a finales del Pleistoceno inferior y el comportamiento de los grupos homínidos que participaron. Se compone de una secuencia litoestratigráfica de nueve metros de potencia, dividida en seis unidades (I a VI, de base a techo). La unidad II, datada en cronologías de 0,96 – 0,78 Ma., es la que ha concentrado los trabajos de excavación. Se han intervenido en tres catas diferentes: *Pit 1*, La Mina y El Forn. Los trabajos en La Mina se iniciaron en 2008, centrándose en la unidad II. Originalmente se intervino y estudió un cata de unos 40 m² y es a partir de 2017 cuando la excavación arqueológica es ampliada a 250 m². En este trabajo se presentan los resultados del análisis tafonómico y del análisis espacial del nivel II.1 de La Mina. El conjunto presenta una conservación de elementos con un alto índice de fragmentación. Las superficies óseas se caracterizan por la mala conservación y por la alta presencia de alteraciones. Se ha identificado la actividad de carnívoros y homínidos, estos últimos atestiguados a través de evidencias de impactos de percusión y cuya presencia en el entorno está atestiguada a través de la industria lítica recuperada. La alteración de las corticales ha provocado una pérdida de características diagnósticas en estrías presentes en las superficies óseas. La aplicación de Morfometría Geométrica no ha permitido identificar las estrías de origen incierto como marcas de corte. Se trata de un contexto de elevada competencia inferida a través de los perfiles anatómicos y la destrucción diferencial de los elementos esqueléticos y sus porciones. Los análisis espaciales, sumados a la información tafonómica sobre alteraciones bioestratigráficas, han mostrado una importante influencia de corrientes de baja intensidad en el proceso de formación del conjunto. El nivel II.1 de La Mina corresponde a un lugar de tránsito rico en recursos, atractivo para especies depredadoras, que favorecería la interacción entre distintas especies animales, permitiendo estudiar el rol de los homínidos en este contexto.

PALABRAS CLAVE

Análisis Espacial, Competencia, Morfometría Geométrica, Tafonomía, Paleoecología, Pleistoceno inferior

ABSTRACT

Barranc de la Boella is a key archaeological site for research about migrations across the western side of the European continent at the end of the Lower Pleistocene and the behaviour of the hominin groups that participated in. It consists of a lithostratigraphic sequence nine metres thick, divided into six units (I to VI, from base to top). Unit II, dated to 0.96–0.78 Ma, is the focus of the excavation work. Three different test pits have been excavated: Pit 1, La Mina and El Forn. Work at La Mina began in 2008, focusing on unit II. Originally, a test pit of about 40 m² was excavated and studied, and in 2017 the archaeological excavation was expanded to 250 m². This work presents the results of the taphonomic analysis and spatial analysis of level II.1 of La Mina. The site presents a high degree of fragmentation in the preserved elements. The bone surfaces are characterised by poor preservation and a high presence of alterations. The activity of carnivores and hominins have been identified, the latter evidenced by percussion notches and whose presence in the environment is attested to by the recovered lithic industry. The alteration of the bone surfaces has caused a loss of diagnostic characteristics in the striae present on the bone surfaces. The application of Geometric Morphometrics has not allowed the identification of striations of uncertain origin as cut marks. This is a context of high competition inferred from the anatomical profiles and the differential destruction of the skeletal elements and their portions. Spatial analyses, combined with taphonomic information on biostratigraphic alterations, have shown a significant influence of low-intensity currents in the formation process of the site. Level II.1 of La Mina corresponds to a resource-rich transit site, attractive to predatory species, which would favour interaction between different animal species, allowing the study of the role of hominins in this context.

KEYWORDS

Spatial Analysis, Competition, Geometric Morphometrics, Taphonomy, Palaeoecology, Lower Pleistocene

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Hipótesis y Objetivos.....	17
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	19
3. AREA DE ESTUDIO.....	27
3.1. Barranc de la Boella.....	27
3.1.1. Localización y geología.....	27
3.1.2. Intervenciones arqueológicas	28
3.1.3. Estratigrafía y dataciones.....	30
3.2. Yacimientos	31
3.2.1. Cala 1 o <i>Pit 1</i>	31
3.2.2. Cala 2 o La Mina	32
3.2.2.1. Nivel II.1	33
3.2.3. Cala 3 o El Forn.....	34
3.3. Registro Arqueológico	35
3.3.1. Industria Lítica.....	35
3.3.2. Registro faunístico.....	37
3.4. Inferencias paleoecológicas y subsistenciales	38
4. MÉTODOS.....	41
4.1. Identificación Taxonómica	41
4.1.1. Representación anatómica y taxonómica	41
4.1.2. Tipos de hueso y tallas de peso	42
4.1.3. Grupos de edad	43
4.2. Cuantificación.....	44
4.3. Índices de diversidad	46
4.4. Índice de densidad mineral	47
4.5. Análisis de fracturación y fragmentación	48
4.6. Modificaciones producidas por carnívoros.....	49
4.7. Modificaciones producidas por homíninos.....	51
4.8. Competencia entre depredadores	53
4.9. Otras modificaciones tafonómicas.....	55
4.9.1. Weathering.....	55

4.9.2.	Abrasión hídrica	57
4.9.3.	Tramplng	58
4.9.4.	Alteraciones por raíces	58
4.9.5.	Oxidación	59
4.9.6.	Corrosión y disolución	60
4.10.	Análisis espacial.....	60
5.	RESULTADOS	65
5.1.	Identificación y cuantificación.....	65
5.1.1.	Representación anatómica y taxonómica	65
5.2.	Correlación con índices de densidad mineral	70
5.3.	Fracturación y fragmentación	72
5.4.	Modificaciones producidas por carnívoros.....	74
5.5.	Modificaciones de origen incierto	77
5.6.	Análisis de competencia y <i>ravaging</i>	78
5.7.	Modificaciones subaéreas	79
5.8.	Modificaciones fosildiagenéticas.....	80
5.9.	Tafonomía espacial	81
6.	APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL	85
6.1.	Introducción	85
6.2.	Materiales y métodos	87
6.2.1.	Materiales Experimentales	87
6.2.2.	Materiales arqueológicos.....	88
6.2.3.	Métodos	89
6.2.3.1.	Análisis Métrico	91
6.2.3.2.	Análisis GMM.....	91
6.3.	Resultados.....	92
6.3.1.	Análisis Métrico	92
6.3.2.	Morfometría Geométrica	94
7.	DISCUSIÓN.....	97
8.	CONCLUSIONES	115
	REFERENCIAS	117
	ANEXO	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4. 1. Clasificación de los huesos por talla de peso y taxones incluidos.	43
Tabla 4. 2. Estadios de meteorización propuestos por Behrensmeyer (1978).....	56
Tabla 4. 3. Grados de pulido y redondeo. Modificado a partir de Cáceres (2002).	57
Tabla 5. 1. NISP de los Taxones identificados en La Mina II.1. También se muestran restos asignados a tallas de peso y restos indeterminados.....	65
Tabla 5. 2. NMI de los taxones identificados en La Mina II.1.	67
Tabla 5. 3. NISP por tallas de peso para La Mina II.1.	68
Tabla 5. 4. NME por tallas de peso para La Mina II.1	69
Tabla 5. 5. NMI por tallas de peso.	70
Tabla 5. 6. Número de elementos esqueléticos por taxón con mordeduras de carnívoros.	74
Tabla 5. 7. Porcentaje de cambio de los huesos largos de La Mina II.1. por tallas de peso.	79
Tabla 5. 8. Modificaciones tafonómicas en función del grado de alteración observadas en La Mina II.1.	80
Tabla 5. 9. Modificaciones tafonómicas en función de su presencia/ausencia observadas en La Mina II.1.	81
Tabla 5. 10. Test de Clark-Evans y test de Hopkins-Skellam para el análisis de la aleatoriedad espacial de restos de fauna y lítica en La Mina II.1.	82
Tabla 6. 1. Estadística descriptiva para las medidas de cada fase experimental y de la muestra arqueológica. Negrita implica una distribución no gaussiana. La media y la desviación estándar fueron calculadas para los datos con distribución normal. La mediana y la desviación media absoluta fueron calculadas para las distribuciones no gaussianas.	93
Tabla 6. 2. Test de Kruskal-Wallis. Negrita implica significancia estadística.	93
Tabla 6. 3. Test MANOVA. Negrita implica significancia estadística.	94
Tabla 6. 4. Test MANOVA aplicado para comparar fases de alteración y muestra arqueológica a nivel morfométrico. Negrita implica significancia estadística.	94
Tabla 6. 5. Test de Distancia de Procrustes aplicado para comparar diferencias entre fases de alteración y la muestra arqueológica. Negrita implica significancia estadística.	95
Tabla 7. 1. Ratios anatómicas y porciones esqueléticas aplicados en la comparación de los niveles de La Mina y El Forn. Datos obtenidos de Pineda et al. (2017b) y Pineda (comunicación personal).....	105

Tabla 7. 2. Ratios aplicados para la posterior realización del Análisis de Correspondencia. Datos de Boella obtenidos de Pineda et al. (2017b) y Pineda (2018). Datos de TD6.2 obtenidos de Saladié et al. (2014). Datos de Olduvai Bed I y II obtenidos de Domínguez-Rodrigo et al. (2007), Egeland (2008) y Egeland y Domínguez-Rodrigo (2008).....	107
Anexo, Tabla 1. Marcas de corte localizadas por huesos y extremidad. x: Marca preservada; -: Marca no digitalizable; *: Marca descartada por inversión de hombros.	145
Anexo, Tabla 2. Resultados del test Shapiro-Wilks para el análisis de las distribuciones. Negrita implica significancia estadística	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Tipología de yacimientos establecida por Isaac (1971). Extraído de Binford (1991).	21
Figura 3. 1. Localización del Barranc de la Boella: Izquierda: En el marco de la Península Ibérica; Derecha: En el marco de Tarragona y La Canonja.	27
Figura 3. 2. Defensas de proboscideo recuperadas durante la intervención de urgencia en 2007 (Cala 1, Nivel II.3). Extraído de Vallverdú et al. (2008).....	29
Figura 3. 3. El Barranc de la Boella. 1) La Mina. 2) Cala 1. 3) El Forn.	29
Figura 3. 4. Unidades litoestratigráficas, niveles arqueopaleontológicos y posición de las muestras sedimentarias tomadas para estudios de paleomagnetismo y nucleidos cosmogénicos. Leyenda: 1, litoestratigrafía; 2, nivel arqueológico; 3, posición y número de muestras para paleomagnetismo; 4, posición y número de muestras para nucleidos cosmogénicos. Extraído y modificado de Vallverdú et al. (2014) y Fidalgo et al. (2023a).	30
Figura 3. 5. Excavación en Cala 1 siguiendo la superficie de la unidad II.....	32
Figura 3. 6. Excavación en La Mina, nivel II.2.	33
Figura 3. 7. Niveles II.1 (verde), II.2 (azul) y II.3 (rojo) de La Mina.	34
Figura 3. 8. Localidad de El Forn. Extraído y modificado de Lombao et al. (2024).	35
Figura 3. 9. Herramientas líticas encontradas en el Barranc de la Boella. A) Pico de esquisto encontrado en Cala 1, nivel II.2. B) Hendedor de esquisto encontrado en El Forn, nivel II.2. C) Chopper bifacial de sílex encontrado en La Mina, nivel II.2. Extraído y modificado de Ollé et al. (2023).....	36
Figura 4. 1. Clasificación de los huesos por tipología. Modificado a partir de Pales y García (1981).....	42
Figura 4. 2. División por porciones de huesos largos y planos. Modificado a partir de Pales y García (1981).	45
Figura 4. 3. Índice de fragmentación de Bunn (1983) respecto a la longitud (izquierda) y sección (derecha) para huesos largos. Extraído de Pineda (2018), modificado a partir de Barone (1976).....	49
Figura 4. 4. Análisis de la delineación, ángulo y superficie de los paños de fractura para huesos largos propuesto por Villa y Mahieu (1991). Extraído de Pineda (2018), modificado a partir de Barone (1976).....	49

Figura 4. 5. Modelo teórico para el cálculo del ravaging propuesto por Domínguez-Rodrigo y Organista (2007).....	54
Figura 4. 6. Modelo teórico propuesto por Egeland (2008) para establecer el grado de competencia.....	55
Figura 5. 1. Asta de <i>Megacerini</i> sp.....	66
Figura 5. 2. Gráfico de dispersión y líneas de regresión para las tallas pequeña, media y grande.	71
Figura 5. 3. Gráfico de dispersión y líneas de regresión aplicando los criterios de Marean y Cleghorn (2003) para las tallas pequeña, media y grande.	72
Figura 5. 4. Paños de fractura observados en La Mina II.1. siguiendo la metodología propuesta por Villa y Mahieu (1991).	73
Figura 5. 5. Húmero completo de <i>Stephanorhinus hundsheimensis</i>	73
Figura 5. 6. Análisis del índice de fragmentación de los restos. El eje X muestra el índice de conservación de la sección. Los distintos colores muestran el índice de conservación de la longitud.	74
Figura 5. 7. Radio de cérvido con evidencias de mordeduras de carnívoros.	75
Figura 5. 8. Longitud (izquierda) y anchura (derecha) de las depresiones en comparación con los datos expuestos por Selvaggio (1994a), Saladié (2009), Delaney-Rivera et al. (2009), Andres et al. (2012), Rodríguez-Hidalgo et al. (2013), Saladié et al. (2013), Sala et al. (2014) y Saladié et al. (2024).	76
Figura 5. 9. Astrágalo de cérvido (izquierda) y tibia (derecha) de talla media con evidencias de corrosión por ácidos estomacales.....	77
Figura 5. 10. Posición de La Mina II.1. en función del marco teórico expuesto por Domínguez-Rodrigo y Organista (2007).....	78
Figura 5. 11. Posición de La Mina II.1. en función de la ratio propuesta por Egeland (2008).	79
Figura 5. 12. Mapa de densidad Kernel de la fauna y la lítica encontradas en La Mina II.1.	81
Figura 5. 13. Test inhomogéneo L para los restos de La Mina II.1 de lítica (izquierda) y fauna (derecha).	82
Figura 5. 14. Test inhomogéneo L cruzado para los restos de lítica y de fauna en La Mina II.1.	83

Figura 5. 15. Análisis de correspondencia simple para La Mina II.1. por composición (izquierda) y forma (derecha).	83
Figura 5. 16. Análisis de correspondencia múltiple para el conjunto de La Mina II.1. en función de la composición y la forma.	84
Figura 6. 1. SFBC-04 (izquierda) y SFBC-05 (derecha).	87
Figura 6. 2. F0-PRL-FEM-CM-76 (izquierda) y F2-PLL-AST-CM-103 (derecha). Puntos de referencia realizados con una aguja para digitalizar el mismo perfil tras cada fase. .	88
Figura 6. 3. BB14-LM-II-1-S16-1. Húmero de équido con estría de origen incierto. ...	89
Figura 6. 4. PCA métrico para las distintas fases de alteración experimental y la muestra arqueológica.....	94
Figura 6. 5. PCA para la distribución de los datos obtenidos mediante Morfometría Geométrica.....	95
Figura 7. 1. Análisis clustering jerárquico de la distribución de La Mina (II.1 y II.2) y El Forn (III.1 a II.4). Ratios utilizados presentes en la Tabla 1.	105
Figura 7. 2. Análisis de Correspondencia aplicado a La Mina II.1 en comparación con LM II.2, El Forn (III.1-II.4), TD6.2 y yacimientos de Olduvai Gorge. Ratios utilizados presentes en la Tabla 2.....	108

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se ha desarrollado un estudio tafonómico-espacial del conjunto arqueológico del nivel II.1 de La Mina (Barranc de la Boella, Tarragona). Con una cronología ligeramente inferior al millón de años, el Barranc de la Boella es uno de los yacimientos arqueopaleontológicos al aire libre más antiguos del oeste de Europa y, en concreto, de la Península Ibérica. El registro lítico recuperado ha permitido adelantar la llegada del Achelense al continente europeo, además de haber permitido el estudio autoecológico de las poblaciones homininas durante el Pleistoceno inferior final en ambientes fluvio-lacustres, entendido como la relación entre los homínidos y el ambiente que habitan, que se presenta por primera vez para el nivel II.1 de La Mina en el presente trabajo.

El trabajo se conforma por un total de ocho capítulos, siendo esta introducción el primero de ellos. El segundo capítulo establece el estado de la cuestión en el que se enmarca esta investigación, relacionada con las primeras ocupaciones europeas y la presencia homínida en yacimientos al aire libre del Pleistoceno inferior. El tercer capítulo expone el área de estudio que se ha abordado en este trabajo, la cual corresponde al nivel II.1 de la localidad de La Mina, ubicada en el yacimiento arqueológico del Barranc de la Boella, y en el cuarto capítulo se explican los métodos aplicados al estudio de dicho yacimiento. El quinto capítulo muestra los resultados obtenidos en dicho análisis, seguido de un sexto capítulo que se conforma del marco experimental desarrollado para la realización del trabajo, en el cual marcas de corte experimentales se han comparado con estrías de origen incierto presentes en el registro arqueológico. Finalmente, los últimos dos capítulos exponen la discusión y las conclusiones finales.

1.1. Hipótesis y Objetivos

La localidad de La Mina, a nivel tafonómico, ha sido estudiada con anterioridad, en concreto el nivel II.2 (Pineda et al., 2015; 2017b). El presente trabajo se ha centrado en el estudio tafonómico y espacial de los restos de fauna de macromamíferos del yacimiento arqueopaleontológico del Barranc de la Boella, en concreto del nivel II.1 de La Mina, datado en torno al millón de años (Vallverdú et al., 2014), debido al mayor número de restos en la actualidad tras la ampliación de la superficie excavada desde 2017. Se han propuesto dos hipótesis de partida para el desarrollo de este estudio:

Introducción

- La hipótesis nula corresponde a la no participación de manera activa de los homínidos como agentes acumuladores o modificadores del conjunto osteológico de La Mina, correspondiendo esta acumulación a procesos naturales o por la acción de carnívoros.
- La hipótesis alternativa corresponde a una participación activa de los homínidos en calidad de agentes acumuladores y modificadores del conjunto osteológico. En este contexto, se podrán observar evidencias tafonómicas de comportamiento asociado a la manipulación y procesamiento de recursos animales.

Los objetivos específicos que se pretenden conseguir con la realización de este trabajo son:

- 1) Diseñar un escenario para la formación del conjunto
- 2) Determinar la influencia de carnívoros y homínidos en la acumulación
- 3) Establecer el grado de competencia entre depredadores
- 4) Establecer las relaciones tafonómicas-espaciales
- 5) Identificar marcas de origen incierto presentes en el conjunto mediante el desarrollo de un marco experimental

Este estudio busca determinar el grado de influencia de los distintos agentes (carnívoros, homínidos y procesos naturales) en la formación del conjunto, además de esclarecer el grado de competencia entre agentes predadores y analizar las alteraciones tafonómicas presentes en el conjunto osteológico y la influencia de elementos naturales en el proceso de formación y de alteración del conjunto arqueológico.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El Pleistoceno Inferior (2,6 – 0,78 Ma.) representó una etapa de cambio para la evolución del linaje homínido. A lo largo de este periodo tienen lugar las primeras dispersiones humanas desde África hacia el continente Euroasiático, en un momento en el que se producen también nuevas adaptaciones biológicas, tecnológicas y el desarrollo de nuevos comportamientos y estrategias ligados a los patrones de subsistencia y ocupación de espacios. Las fechas de la llegada de estos primeros grupos a Europa occidental han ido cambiando con el paso del tiempo, debatiendo a finales del siglo XX entre una ocupación joven del continente europeo, que habría sucedido en torno a los 500 Ka. (*short chronology*; Roebroeks y Kolfschoten, 1994; 1995; Roebroeks, 1994), enfrentada a la propuesta de una posible ocupación más temprana (*long chronology*, Bonifay y Vandermeersch, 1991) que podría llegar hasta 1,2 Ma. En los años 90, con el descubrimiento de *Homo antecessor* en el nivel TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos) (Bermúdez de Castro et al., 1997) tomó fuerza la hipótesis que hablaba de una “Europa Madura”, con una ocupación de Europa occidental próxima al millón de años (e.g. Carbonell et al., 1995; 1996; 1999; Carbonell y Rodríguez, 2000). Muchos yacimientos de Pleistoceno inferior europeo han aportado datos cronológicos importantes para esta cuestión, como son Fuente Nueva-3 y Barranco León en la Cuenca Guadix-Baza (e.g. Toro-Moyano et al., 2013; Blain et al., 2016), Gran Dolina (Bermúdez de Castro et al., 1997) y Sima del Elefante en la ya mencionada Sierra de Atapuerca (Carbonell et al., 2008), Vallparadís (Martínez et al., 2014), el Barranc de la Boella (Vallverdú et al., 2014) o Pirro-Nord (Arzarello et al., 2007), entre otros. A día de hoy, la presencia homínida en cronologías previas al millón de años está claramente atestiguada (e.g. Ascenzi et al., 1996; 2000; Bermúdez de Castro et al., 1997; Arzarello et al., 2007; Martínez et al., 2010; Vallverdú et al., 2014) y los restos paleoantropológicos más antiguos se sitúan en cronologías cercanas a 1,4 Ma. (Toro-Moyano et al., 2013; Huguet et al., 2025).

Tradicionalmente, se propuso *Homo antecessor* como el homínido protagonista de esta primera dispersión por Europa occidental, al ser la única especie descrita para el Pleistoceno Inferior europeo (Bermúdez de Castro et al., 1997). Restos homínidos descubiertos posteriormente no pudieron ser adscritos a una especie concreta dentro del género *Homo*, debido a una pobre conservación en el caso de la mandíbula hallada en el

yacimiento de Sima del Elefante (Carbonell et al., 2008), o por tratarse de un diente deciduo que impide la adscripción específica como en el caso del espécimen hallado en Barranco León (Toro-Moyano et al., 2013). Sin embargo, hallazgos recientes han permitido reconocer la especie *Homo* aff. *erectus* en el nivel TE7 de Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca) (Huguet et al., 2025), planteando la posibilidad de contar con dos especies homínidas distintas en Europa occidental a lo largo de este periodo geológico.

La tecnología lítica encontrada en estos conjuntos del Pleistoceno inferior europeo se atribuye principalmente a la tecnología de núcleos y lascas, o Modo 1 (e.g. Martínez y García, 2014; Arzarello et al., 2015; Lombera-Hermida et al., 2015; Terradillos-Bernal et al., 2022; Huguet et al., 2025). El Modo 2 o Achelense, sin embargo, se identifica en este territorio en cronologías más recientes, con las fechas más tempranas en torno al MIS 17 en lugares como Notarchirico (Moncel et al., 2020) o La Noira (Moncel et al., 2016). El Barranc de la Boella, en este sentido, ha permitido adelantar la llegada del Modo 2 en Europa, situando cronológicamente su primera aparición en cronologías ligeramente inferiores al millón de años (Vallverdú et al., 2014; Ollé et al., 2023), en la línea de lo observado en el este asiático (Hou et al., 2000; Pappu et al., 2011; Li et al., 2014). Añadido a esto, ha permitido sugerir una introducción externa del Achelense temprano, siguiendo la referencia de Ubeidiya (Bar-Yosef and Goren-Inbar, 1993) y la dispersión por el continente euroasiático, en contraposición a la idea de una evolución local del mismo (Ollé et al., 2023).

Más allá de estos debates, el hallazgo de estos conjuntos antiguos nos permite mejorar nuestra comprensión y hacer inferencias relacionadas con el comportamiento de los grupos homínidos que llegaron a Europa en cronologías previas al millón de años. Pueden encontrarse depositados en diferentes medios sedimentarios, lo que cobra una relevancia sustancial en tanto que influye en el grado de conservación e identificación de los conjuntos arqueofaunísticos (Shipman, 1981a), variando en función de las condiciones de temperatura y humedad, al igual que por la exposición, mayor o menor, a fenómenos subaéreos y postdeposicionales (Brain, 1981; Capaldo, 1998), aumentando o limitando las inferencias que se pueden derivar. Los yacimientos arqueológicos pleistocenos se pueden clasificar en función del medio sedimentario siguiendo la propuesta realizada por Butzer (1982), pudiendo encontrarse los yacimientos en medios sedimentarios cerrados, como son los sistemas kársticos, las cuevas o los abrigos rocosos; o en contextos abiertos

o al aire libre, como llanuras fluviales, entornos lacustres, límites deltaicos y costas, entre otros.

Los conjuntos arqueológicos pleistocenos también pueden clasificarse según los tipos de acumulación de los restos faunísticos y líticos. En función de las evidencias arqueopaleontológicas observadas en los yacimientos de la Garganta de Olduvai, Leakey (1971) y Isaac (1971; 1978) propusieron una clasificación de los conjuntos (Figura 2.1).

		Densidad de los Huesos →		
		Baja	Moderada	Alta
← Densidad de los artefactos	Baja	Campamentos provisionales		<i>Kill sites</i> o “yacimientos matadero”
	Moderada			
	Alta	Talleres de instrumentos		<i>Home base</i> o lugares de ocupación

Figura 2. 1. Tipología de yacimientos establecida por Isaac (1971). Extraído de Binford (1991).

Estos pueden ser *Home base*, también llamados campamentos base, *living floor* u *occupation floors* (Leakey, 1971; Isaac, 1971; 1978; Binford, 1980; Potts, 1984), en los cuales se puede observar un registro caracterizado por una amplia acumulación de herramientas líticas y una alta densidad de huesos. Son lugares de hábitat donde se podrían observar una parte o la totalidad de las actividades domésticas como el cocinado, el reparto de alimentos, el procesado de carcasas o la acumulación de presas (e.g. Potts, 1984; Blumenschine y Selvaggio, 1988; Oliver, 1993; Marshall, 1994; Milo, 1998; Saladié et al., 2011). También distinguen lugares de carnicería o *butchering sites*, en los cuales observamos un conjunto osteológico amplio, como puede ser una carcasa de un megaherbívoro, con un conjunto lítico asociado. Suelen representar eventos concretos de aprovechamiento de una carcasa animal (Leakey, 1971; Isaac, 1971; 1978). Por otro lado,

podemos encontrar restos de campamentos provisionales, con bajas densidades de herramientas líticas y de registro osteológico por el corto periodo de ocupación (Isaac, 1971; 1978); y talleres, o *workshop sites*, donde observaríamos una gran cantidad de industria lítica y evidencias de talla, pero sin evidencias de fauna, con una interpretación relacionada con la obtención de materias primas y la elaboración de herramientas (Isaac, 1971). También podemos encontrar otros tipos de espacios, como son los llamados *predations hot spots* o puntos calientes de depredación, caracterizados por mostrar eventos de depredación consecutivos en áreas al aire libre (Tappen et al., 2007), también llamados “*activity hot spots*”, un concepto que amplía el tipo más allá de las evidencias de depredación (Rodríguez-Hidalgo y Saladié, en prensa).

Otras acumulaciones pueden corresponder a contextos no antrópicos, como las letrinas de hienas, identificadas por un gran número de excrementos fosilizados de hiénidos (Kruuk, 1972; Bearder y Randall, 1978; Pineda et al., 2017a), o los cubiles de carnívoros, caracterizados principalmente por la acumulación de restos óseos de otros individuos transportados por los carnívoros y por un alto grado de modificaciones producidas por estos agentes (e.g. Cruz-Urbe, 1991; Pickering, 2002). Las trampas naturales son otro tipo de acumulación que corresponden principalmente a cuevas donde se pueden encontrar conjuntos osteológicos y líticos provenientes del exterior, cayendo dentro y pasando a formar parte del conjunto arqueológico, influenciados principalmente por procesos naturales y la influencia de la gravedad, corrientes hídricas de diferentes intensidades y *debris flows*, entre otros (e.g. Huguet et al., 2013; 2017; Karampatsou, 2017).

Esta clasificación, que se ha mantenido hasta la fecha, no sirve para catalogar todos los conjuntos con intervención antrópica. En concreto, algunos conjuntos al aire libre no encajan en estos modelos. En contextos fluvio-lacustres, los yacimientos frecuentemente se caracterizan por la influencia del agua en la modificación de la acumulación, tanto a nivel tafonómico como a nivel de distribución espacial. Bailey (2007) clasificó los distintos tipos de palimpsestos, permitiendo hablar de los conjuntos arqueológicos como la superposición de actividades sucesivas en un mismo espacio, las evidencias de las cuales han quedado destruidas o dispuestas de manera que dificultan su interpretación (Lucas, 2005; Bailey, 2007). El primer tipo se corresponde con el palimpsesto real, que se caracteriza por no contar con ninguna evidencia de las actividades pasadas exceptuando la más reciente. También existen los palimpsestos acumulativos,

presentando las evidencias de todas las actividades pero de manera mezclada, dificultando o imposibilitando una interpretación acertada. El palimpsesto espacial se caracteriza por presentar un palimpsesto acumulativo caracterizado por una gran área, como pueden ser los yacimientos al aire libre, y una segregación de restos, con episodios que pueden estar enterrados, destruidos o reconfigurados, al igual que pueden darse en condiciones óptimas. Otro tipo de palimpsesto es el temporal, que se define por mostrar objetos de diferentes edades o periodos temporales en un mismo depósito. Representa una mezcla de materiales previa a su introducción en el registro arqueológico, no pudiendo datar estos con gran precisión por las distintas dataciones de los *items* que conforman el conjunto que con una falta de resolución por procesos postdeposicionales (Bailey, 2007).

Volviendo a los contextos fluvio-lacustres, estos son espacios transitados de manera recurrente por homínidos, formándose distintas acumulaciones que pueden estar influenciadas por los elementos del entorno. El Barranc de la Boella es uno de estos yacimientos al aire libre en un contexto fluvio-lacustre y presenta tres localidades distintas que corresponden a diferentes tipos de acumulaciones dentro del mismo contexto sedimentario (Vallverdú et al., 2014). Mientras que Cala 1 encaja en la definición de “*Butchering site*” descrita por Leakey (1971; Mosquera et al., 2015), localidades como La Mina y El Forn muestran un contexto en el cual las evidencias pueden apuntar hacia distintas explicaciones posibles respecto a la acumulación y al rol homínido en el entorno. Los restos recuperados en estas dos localidades están permitiendo desarrollar una reconstrucción paleoambiental fiable, a través de estudios de fauna (Lozano-Fernández et al., 2014; Pineda et al., 2015; 2017a; 2017b; Madurell-Malapeira et al., 2019; Fidalgo et al., 2023a; 2023b; en revisión), pólenes (Pineda et al., 2017a) y de la sedimentología (Vallverdú et al., 2014). Siguiendo la anterior clasificación expuesta por Bailey (2007), La Mina y El Forn muestran una serie de episodios espacialmente segregados, con relaciones temporales difícilmente individualizables y han sido previamente propuestos como palimpsestos de tipo espacial (Pineda y Saladié, 2022).

El conjunto osteológico del Barranc de la Boella además presenta problemas de conservación, debido tanto a procesos previos al enterramiento, como la acción de los carnívoros bajo contextos de elevada competencia (Pineda et al., 2015; 2017b); como a procesos postdeposicionales relacionados con la preservación de las corticales óseas y las modificaciones de las mismas (Pineda y Saladié, 2022). Para ahondar en estos problemas de conservación de corticales y, en concreto, de marcas de corte, se ha desarrollado una

línea de investigación (Pineda et al., 2014; 2019) que tiene continuación en este trabajo (ver apartado 6).

El Barranc de la Boella muestra un contexto similar al observado en la Garganta de Olduvai, donde Domínguez-Rodrigo y Organista (2007) y Egeland (2008) plantearon nuevos métodos para llevar a cabo una reconstrucción paleoambiental del entorno homínido y su relación con otros depredadores, obtenida a través de la caracterización de la preservación de ciertas porciones y elementos anatómicos. Este modelo infiere el grado de competencia del entorno, entendiendo la competencia como una interacción entre individuos por un mismo recurso (Begon et al., 2006). Esta competencia conlleva también la interacción entre homínidos y grandes carnívoros, los cuales compartían hábitat de manera habitual (e.g. Blumenschine, 1989; Domínguez-Rodrigo, 2001; Palmqvist y Arribas, 2001; Huguet et al., 2013; Egeland, 2014; Saladié et al., 2019). Esta coexistencia entre homínidos y carnívoros, principalmente en contextos de alta competencia, estaría posibilitada por la disponibilidad de recursos suficientes, entendiendo como recursos no solo las presas, sino también recursos vegetales, agua o lugares de refugio que serían de gran atractivo para estas comunidades (Saladié et al., 2019). En torno a esto, una de las estrategias para reducir la competencia con otros depredadores se basa en la formación de campamentos base y la reducción del riesgo de encuentro (Saladié et al., 2014). Los contextos de alta competencia han supuesto, en algunas ocasiones, el desarrollo de actividades cinegéticas por parte de los homínidos y el aumento del grado de control de territorio, habilitando así el acceso a estos recursos y la supervivencia del grupo (e.g. Saladié et al., 2011; 2014).

La obtención de recursos cárnicos, además de mediante la caza, también puede darse mediante diferentes tipos de estrategias. El carroñeo puede darse por acceso secundario a una carcasa que puede preservar algunos parches de carne, lo que se conoce como carroñeo pasivo no confrontacional (Blumenschine, 1985; 1987; Cavallo y Blumenschine, 1989). En contraposición al modo pasivo se puede dar un carroñeo de confrontación, el cual fue propuesto por Bunn y Ezzo (1993) y que supone el enfrentamiento entre homínidos y carnívoros por el robo de una presa recién cazada. Estos investigadores propusieron así un modelo que define el tipo de acceso, el tiempo y el modo. El tipo se diferencia entre primario (primer acceso a la carcasa) o secundario (robo o aprovechamiento); el tiempo puede ser inmediato o tardío en referencia al momento de

muerte de la presa; y el modo difiere entre activo (confrontación con presa o con otros depredadores) o pasivo (sin confrontación) (Bunn y Ezzo, 1993).

En este contexto, mientras que estudios de algunos yacimientos en cueva o abrigos en los que se han documentado restos de campamentos de diferentes temporalidades (ocupaciones cortas, medias o largas) nos permiten comprender mejor la dinámica social de los grupos homínidos del Pleistoceno inferior (e.g. Saladié et al., 2011; 2014; Huguet et al., 2013), los yacimientos al aire libre nos permiten también realizar una aproximación a la interacción entre depredadores, el contexto paleoecológico y el rol homínido en el entorno a escala regional y macro-regional (e.g. Egeland, 2008; 2014; Espigares et al., 2013; 2019; Pineda et al., 2015; 2017b; Pineda, 2018)

3. AREA DE ESTUDIO

3.1. Barranc de la Boella

3.1.1. Localización y geología

El yacimiento arqueopaleontológico del Barranc de la Boella se ubica al noreste de la Península Ibérica, en el término municipal de La Canonja (Tarragona, España) (Figura 3.1). Emplazado a una altitud de 50 metros sobre el nivel del mar y a tres kilómetros de la costa mediterránea, forma parte del sistema de terrazas de la cuenca baja del río Francolí (Vallverdú et al. 2014). El Barranc de la Boella tiene origen en los contrafuertes paleozoicos de Castellver, Almoher y de la Selva del Camp, para llegar al mar por medio de la playa de la Pineda o del Francolí (Bataller y Vilaseca, 1923).



Figura 3. 1. Localización del Barranc de la Boella: Izquierda: En el marco de la Península Ibérica; Derecha: En el marco de Tarragona y La Canonja.

La zona, cuando se describe el Plioceno y Pleistoceno, se caracteriza por tierras arcillosas de color rojizo con gravas de pizarra angulosas procedentes de torrentes del macizo de Prades. Estos depósitos, al llegar a la zona de La Canonja, se estratifican con conglomerados cementosos de color amarillento, arenas gruesas blancas y tierras grises arenosas (Vallverdú et al. 2008).

El yacimiento del Barranc de la Boella está relacionado con el valle fluvial pasado que corresponde al actual final del valle del Francolí. Entre la Autopista A7 y el Mas de la Boella, la terraza de 50 metros del río erosiona los depósitos de la paleoriera. En cambio, en la zona lindante con la Autovía N-420, los depósitos inciden en la terraza de 60 metros. Los depósitos pleistocenos del conjunto arqueológico pertenecen, en parte, a una paleoriera incidida en las terrazas de más de 50 metros, la cual desembocaría en la Boella de La Canonja. Este tramo final del Francolí se limita al este por el semigraben miocénico

de Les Gavarres y por el oeste por el glacis que cubre la depresión desde Reus hasta la Selva del Camp (Vallverdú et al. 2008; 2014).

3.1.2. Intervenciones arqueológicas

Como yacimiento arqueopaleontológico, el Barranc de la Boella es conocido desde principios del siglo XX, cuando el mosén Bataller resalta la presencia de fósiles de cérvidos, hipopótamos y elefantes (Bataller, 1935). Años más tarde, Salvador Vilaseca aumenta el interés en el barranco al aportar datos sobre el descubrimiento de supuestos artefactos de sílex y pizarra con algunos fósiles atribuidos a *Elephas meridionalis* (Vilaseca, 1973).

Los trabajos actuales se remontan al año 2007, con el hallazgo fortuito de dos defensas de elefante en el corte Este del barranco y que conllevaron una intervención preventiva en la llamada Cala 1. La intervención se prolongó durante tres meses, con una extensión de 15 m² en la que se recuperaron un total de 175 herramientas de piedra asociadas a las defensas y a otros elementos del esqueleto craneal y axial del mamut en el nivel II.2. La materia prima principal es sílex, usado principalmente para la elaboración de lascas, y, en menor medida, de cuarzo y de esquisto, incluyendo un pico de este último. También se recuperó un segundo par de defensas en el nivel II.3 de la secuencia (Figura 3.2), demostrando el potencial del yacimiento (Vallverdú et al., 2008; 2014).



*Figura 3. 2. Defensas de proboscideo recuperadas durante la intervención de urgencia en 2007 (Cala 1, Nivel II.3).
Extraído de Vallverdú et al. (2008).*

A partir de 2008 se inicia una excavación programada anual en el Barranc de la Boella, enmarcada dentro del proyecto *Evolució paleoambiental i poblament prehistòric a les comarques dels rius Francolí, Siurana i rieres del Camp de Tarragona*. En 2008 començaron los sondeos en Cala 2 (también llamada La Mina) y se inició la excavación en la Cala 3 (llamada El Forn). Este último se excavó en extensión hasta 2013. Por otro lado, los trabajos en La Mina se han prolongado hasta la actualidad, al igual que Cala 1 desde su reapertura en 2016 (Figura 3.3).

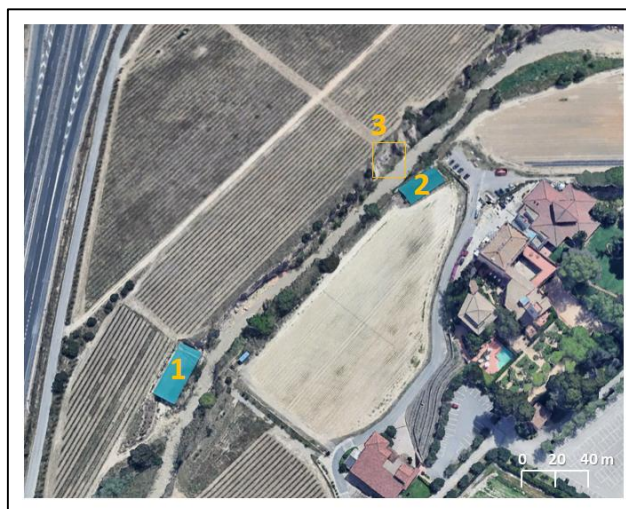


Figura 3. 3. El Barranc de la Boella. 1) La Mina. 2) Cala 1. 3) El Forn.

3.1.3. Estratigrafía y dataciones

La secuencia litoestratigráfica del Barranc de la Boella se encuentra descrita en detalle por Vallverdú et al. (2014) (Figura 3.4). La secuencia se compone de nueve metros de potencia que conforman seis unidades litoestratigráficas (descritas como I-VI de base a techo), con el potencial arqueológico del barranco presente en las unidades II y III. Los trabajos de excavación se han concentrado principalmente en la unidad II de la secuencia.

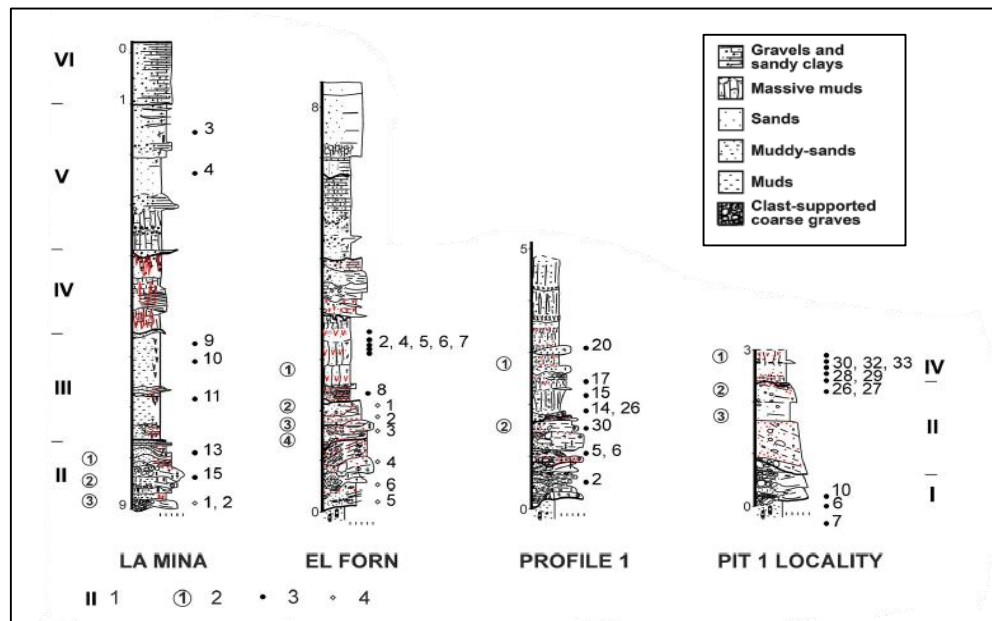


Figura 3. 4. Unidades litoestratigráficas, niveles arqueopaleontológicos y posición de las muestras sedimentarias tomadas para estudios de paleomagnetismo y nucleidos cosmogénicos. Leyenda: 1, litoestratigrafía; 2, nivel arqueológico; 3, posición y número de muestras para paleomagnetismo; 4, posición y número de muestras para nucleidos cosmogénicos. Extraído y modificado de Vallverdú et al. (2014) y Fidalgo et al. (2023a).

La Unidad I se corresponde con un estrato de clastos neógenos de un metro y medio de potencia. La Unidad II corresponde a una secuencia homogénea de arenas y gravas de estratificación pobre de dos metros de potencia. Esta estratificación es típica de depósitos de flujos de masa subaérea y subacuática. La Unidad III también muestra dos metros de potencia, con fangos manchados en rojo. Las Unidades IV y V se conforman por barros masivos de dos a cinco metros. La Unidad VI se compone de lechos horizontales de gravas y arenas, con dos metros de espesor (Vallverdú et al., 2014).

Los estudios biocronológicos permitieron proponer una cronología ligeramente inferior al millón de años para la unidad II tras la recuperación y estudio de restos de taxones como *Mimomys savini* o *Mammuthus meridionalis*. (Vallverdú et al., 2008; Lozano-Fernández et al., 2013). Posteriores dataciones paleomagnéticas y de nucleidos

cosmogénicos permitieron proponer una fechas numéricas de 0,96 – 0,78 Ma. para la Unidad II (Vallverdú *et al.* 2014).

3.2. Yacimientos

3.2.1. Cala 1 o Pit 1

Los trabajos en la Cala 1 se iniciaron en 2007 en la ya mencionada intervención de urgencia de 15 m² en nivel II.2, que permitieron la recuperación del esqueleto parcial de un proboscideo (defensas, fragmentos craneales y partes del esqueleto axial, como costillas, una vértebra y una escápula) e industria lítica asociada, además de un segundo par de defensas en el nivel II.3.

Los trabajos en Cala 1 se retomaron en 2016 con una ampliación de la superficie de excavación, que en la actualidad alcanza los 210 m² y cuatro unidades litoestratigráficas (I a IV, de base a techo). La Unidad IV mostró un conjunto lítico musteriense sin restos de fauna. La Unidad III presenta un total de 228 restos entre evidencias de lítica y de fauna en su conjunto. La Unidad II, compuesta por gravas y arenas en nichos gradados estratificados en cuñas, es la unidad que ha aportado mayor cantidad de restos y contiene los niveles arqueológicos II.2 y II.3. El nivel II.2 es el más prolífero y ha sido interpretado como un *butchering site* (Mosquera *et al.*, 2015) debido a la relación espacial observada entre los restos de fauna de un individuo adulto de *Mammuthus meridionalis* y los restos líticos, las huellas de uso presente en estos y las marcas de origen antrópico observadas en los huesos (Saladié *et al.*, 2008; Vallverdú *et al.*, 2008; 2014; Mosquera *et al.*, 2015). El conjunto ha seguido creciendo a nivel de restos, superando los 400 restos líticos y mostrando evidencias de producción de lascas *in situ* (Ollé *et al.*, 2023).

El conjunto lítico destaca por la identificación no solo de lascas sino de herramientas elaboradas en grandes formatos (*Large Cutting Tools* o *LCT* según la terminología inglesa) en cronologías anteriores a lo que se había descrito hasta la fecha, permitiendo plantear una llegada temprana del Achelense al oeste europeo que habría quedado registrada en el Barranc de a Boella (Mosquera *et al.*, 2016; Ollé *et al.*, 2023; Lombao *et al.*, 2024). La Unidad II continúa en proceso de excavación actualmente, siguiendo la superficie ligada a las defensas recuperadas previamente en el nivel II.2 (Figura 3.5).



Figura 3. 5. Excavación en Cala 1 siguiendo la superficie de la unidad II.

3.2.2. Cala 2 o La Mina

La intervención arqueológica en La Mina comenzó en 2008 en una cata original de 35 m², ampliándose en 2016 hasta los 250 m² (Figura 3.6). Los trabajos de excavación se prolongan hasta la actualidad y, hasta el momento, es la cata con mayor aporte de restos de fauna del Barranc de la Boella. En la unidad litoestratigráfica II se han descrito un mínimo de cinco niveles arqueológicos (nombrados de 1 a 5 de techo a base). La cata original permitió descubrir cuatro niveles, excavando por completo los tres niveles superiores. El nivel II.1 se describió como un nivel pobre en cantidad de restos y mostró una alta dispersión entre los restos de fauna y de industria lítica. El nivel II.2 resultó en el más prolífero, siendo el foco de los primeros trabajos tafonómicos de La Mina (Pineda et al., 2015). El nivel II.3 se caracterizó por el elevado número de coprolitos recuperados, en detrimento de los restos faunísticos y líticos, mucho menos numerosos (Pineda et al., 2017a). El nivel II.4 quedó expuesto en superficie en 2015, si bien no se ha llegado a excavar debido a que los trabajos se reorientaron a la excavación en extensión de La Mina, desde el techo de la unidad II. En el nivel II.4 aparecieron restos líticos y de fauna y los análisis preliminares parecen sugerir una elevada actividad de carnívoros sobre el conjunto osteológico. En paralelo a la apertura de la excavación en extensión, se prosiguió con un sondeo de 2 m² en el sector sur del yacimiento, que ha permitido identificar un quinto nivel (II.5).

El total de restos encontrados en La Mina hasta la fecha, contabilizando todos los niveles, asciende a 435 piezas líticas (Lombao et al., 2024) y a 2325 restos de fauna.



Figura 3. 6. Excavación en La Mina, nivel II.2.

3.2.2.1. Nivel II.1

La Mina está siendo excavada actualmente en una extensión de 180 m², siendo el nivel II.1 el único excavado en extensión. Este nivel ha sido estudiado con anterioridad preliminarmente, debido a la baja cantidad de restos encontrados en la excavación original. La descripción arqueoestratigráfica de la excavación fue realizada por Vallverdú et al. (2014), quienes también publicaron dataciones paleomagnéticas y de nucleídos cosmogénicos (polaridad inversa y fecha en torno a $1,00 \pm 0,068$ Ma.).

La tecnología lítica, tras contar con una muestra mucho más amplia, ha sido estudiada en profundidad y publicada recientemente por Ollé et al. (2023) y Lombao et al. (2024). Estos trabajos destacan la predominancia del sílex como materia prima, salvo para los grandes formatos, donde el esquisto es la materia prima predominante. Se han hallado también en este nivel *choppers* bifaciales.

Los estudios de fauna respecto al nivel II.1 son limitados hasta la fecha. Pineda et al. (2015) muestran los tres niveles arqueológicos excavados de la Unidad II con la diferencia espacial y de cantidad de restos, observando la baja densidad y alta dispersión de restos que caracterizaban el nivel II.1 en la cata original (Figura 3.7).

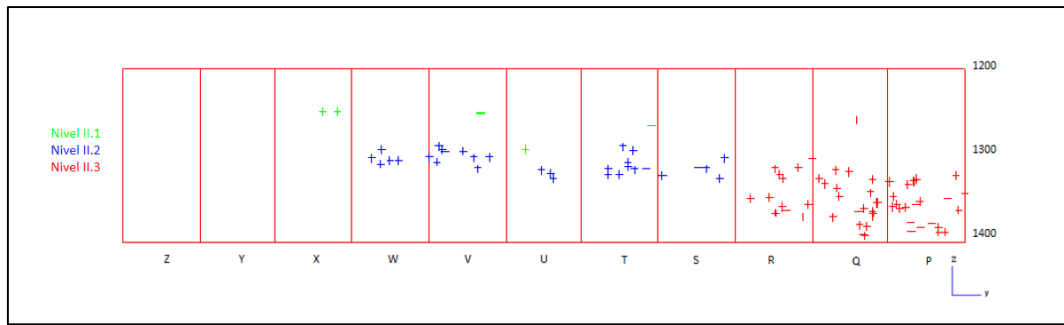


Figura 3. 7. Niveles II.1 (verde), II.2 (azul) y II.3 (rojo) de La Mina.

3.2.3. Cala 3 o El Forn

La excavación en El Forn se llevó a cabo entre 2008 y 2013, afectando a 40 m² y siete niveles arqueopaleontológicos entre las unidades III (nivel III.1) y II (niveles II.2-II.7), (Figura 3.8). El Forn presenta la menor densidad y mayor dispersión de restos de las tres localidades (Ollé et al., 2023).

La excavación arqueológica se centró entre los niveles superiores (III.1-II.4), que presentaban el mayor número de restos y las evidencias de actividad antrópica. El nivel III.1 presentó restos de fauna (n = 177) y una sola herramienta lítica, mientras que los niveles II.2 y II.3 proporcionaron un registro más amplio, con 103 piezas, entre la que destaca una herramienta de gran tamaño de esquisto tipo hendedor (Vallverdú et al., 2014; Mosquera et al., 2016; Ollé et al., 2023) y un total de 305 restos de fauna entre ambos niveles (Vallverdú et al., 2014; Pineda et al., 2017b). El nivel II.4 presentó un total de 237 restos de fauna y siete artefactos líticos (Mosquera et al., 2016; Pineda et al., 2017b). Los niveles II.5 a II.7 presentaron una baja cantidad de restos (n = 77 en su conjunto), asciendo el total de restos de fauna encontrados en El Forn a 796.



Figura 3. 8. Localidad de El Forn. Extraído y modificado de Lombao et al. (2024).

3.3. Registro Arqueológico

3.3.1. Industria Lítica

La industria lítica proveniente de la Cala 1 se caracteriza por el aprovechamiento del sílex, encontrando núcleos, lascas y algunos retocados, como denticulados. El conjunto de herramientas de gran formato (LCT) se conforma por cinco picos (cuatro de esquisto y uno de sílex) (Figura 3.9A), un cuchillo, un hendedor y dos *choppers*, todos ellos elaborados en esquisto (Ollé et al. 2023). Por su parte, el conjunto de LCT de La Mina se compone de cuatro *choppers* bifaciales (Figura 3.9C), de diferentes materias primas (pórfido diorítico, cuarcita, caliza y sílex), tres *choppers* de esquisto, dos picos (uno elaborado en esquisto y uno de sílex), y una lasca de esquisto de gran tamaño (Ollé et al., 2023). Además, también se han encontrado gran cantidad de lascas en distintos tipos de materia prima, al igual que núcleos y herramientas de percusión (Mosquera et al. 2016; Ollé et al. 2023). Finalmente, el registro lítico de El Forn es realmente similar a La Mina con un sílex predominante en un total de 81 piezas de las 103 mencionadas previamente, seguido del esquisto, con un total de 14 piezas entre las que encontramos un LCT similar a un hendedor (Figura 3.9B) (Mosquera et al. 2016).

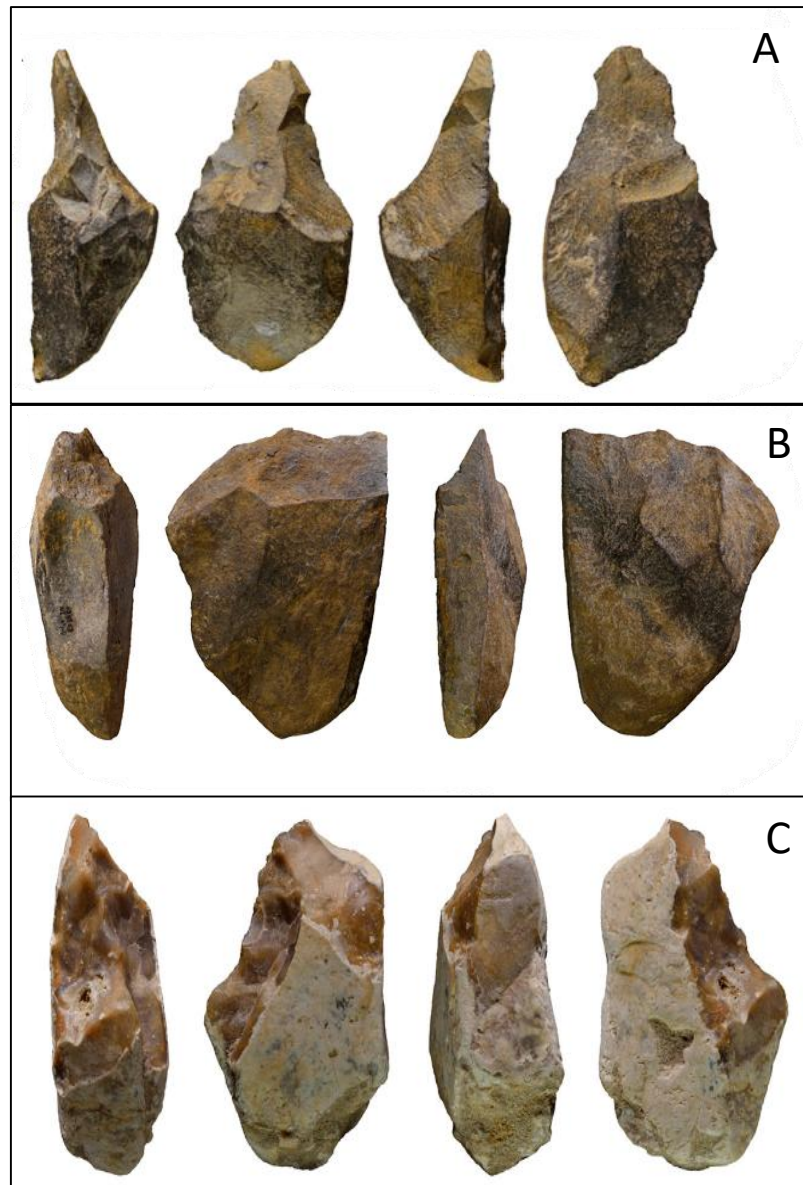


Figura 3. 9. Herramientas líticas encontradas en el Barranc de la Boella. A) Pico de esquisto encontrado en Cala 1, nivel II.2. B) Hendedor de esquisto encontrado en El Forn, nivel II.2. C) Chopper bifacial de sílex encontrado en La Mina, nivel II.2. Extraído y modificado de Ollé et al. (2023).

La presencia de un pico recuperado en 2007 en la Cala 1, junto con el hendedor de esquisto recuperado en el Forn en las primeras campañas permitió describir el conjunto lítico del Barranc de la Boella como el Achelense más antiguo del continente europeo (Vallverdú et al., 2014; Mosquera et al., 2015; 2016). La ampliación de las superficies de excavación aumentó el conjunto de LCT de Cala 1, además de favorecer la obtención de varias piezas de gran formato en La Mina, lo que permitió observar un conjunto de LCT con mayor entidad que confirmase la caracterización del registro lítico del yacimiento como el Achelense más antiguo de Europa (Ollé et al., 2023). Esta afirmación ha sido apoyada por el estudio de Lombao y colegas (2024), quienes se enfocaron en aspectos

como la gestión de las materias primas, las estrategias de reducción de núcleos y la integridad de la secuencia, la producción de grandes lascas (> 10 cm) o la intensidad de la reducción, observando patrones que se asemejan a los descritos en conjuntos Achelenses o de Modo 2.

3.3.2. Registro faunístico

El listado taxonómico del Barranc de la Boella asciende a un total de 25 taxones (Lozano-Fernández *et al.*, 2013; Vallverdú *et al.*, 2014; Madurell-Malapeira *et al.* 2019; Fidalgo *et al.*, 2023a), entre macromamíferos, micromamíferos, aves y quelonios. El conjunto se compone principalmente de megaherbívoros y de ungulados de tallas grandes y medias.

Entre los megaherbívoros (>1000 kg) se han descrito restos de mamut (*Mammuthus meridionalis*), hipopótamo (*Hippopotamus antiquus*) y rinoceronte (*Stephanorhinus hundsheimensis*). Los herbívoros de talla grande identificados son el caballos (*Equus altidens*), el bisonte (*Bison schoetensacki*), y el ciervo gigante (*Megacerini* sp.). Los herbívoros de talla media que han sido descritos son el gamo (*Dama vallonnetensis*), el corzo (*Capreolus* sp.) y el jabalí (*Sus strozzi*).

El conjunto de carnívoros se caracteriza por la baja cantidad de restos en casi todos los taxones, con la excepción del oso (*Ursus deningeri*). Los demás carnívoros corresponden al lobo (*Canis mosbachensis*), un panterino de gran tamaño (*Panthera* sp. (talla grande)), el linco (*Lynx pardinus*) y el zorro (*Vulpes* sp.) (Vallverdú *et al.* 2014; Madurell-Malapeira *et al.* 2019), además de coprolitos de un hiénido sin identificar (Pineda *et al.* 2017a) y de una mandíbula de dientes de sable (*Homotherium* sp.), encontrada en la pared del barranco tras una riada (bajo estudio).

También ha sido identificado *Macaca sylvanus cf. florentina* a través de un canino recuperado en La Mina, nivel II.2 (Fidalgo *et al.*, 2023a). Entre los mamíferos de menor tamaño también encontramos el castor (*Castor* sp.) y el conejo (*Oryctolagus* sp.). Respecto a los micromamíferos, se han descrito cuatro especies: dos arvicólidos (*Mimomys savini* y *Victoriamys chalinei*), una musaraña (*Crocidura* sp.) y un topo (*Talpa* sp.) (Lozano-Fernández *et al.*, 2013). Los ya mencionados restos de aves, sin identificación taxonómica, y las placas de Chelonidae completan el listado taxonómico.

3.4. Inferencias paleoecológicas y subsistenciales

El nivel II.2 de la Cala 1 ha sido descrito como un *butchering site* (Mosquera et al. 2015), de acuerdo a la definición dada por Leakey (1971), es decir, un yacimiento reflejo de un único evento de aprovechamiento de una carcasa de un megaherbívoro. Las evidencias para apoyar esta interpretación son la asociación espacial de los restos de *Mammuthus meridionalis* y la industria lítica, las huellas de uso de las herramientas líticas que sugieren actividades de carnicería y la presencia de marcas de corte sobre dos costillas de mamut.

La Mina y El Forn, contrariamente, no reflejan eventos singulares sino unas relaciones temporales muy difusas entre los distintos eventos espaciales, siendo entendidos como palimpsestos espaciales (Pineda y Saladié, 2022). Ambos conjuntos han proporcionado información sobre la presencia y acción de los grupos homínidos y otros depredadores y los niveles de competencia a través de la información tafonómica (Pineda et al., 2015; 2017b).

La presencia homínida se atestigua a través de la industria lítica recuperada (Mosquera et al., 2015; 2016; Ollé et al., 2023; Lombao et al., 2024) y de la evidencia de fracturación antrópica en algunos restos (Pineda et al., 2015). La conservación de las superficies óseas es muy pobre debido a la alteración química producida por la lixiviación de los elementos solubles de los sedimentos, que podrían haber afectado a las modificaciones preexistentes en las superficies (si hubiere) y habrían impedido llevar a cabo inferencias sobre el procesamiento de carcasas animales (Pineda et al., 2014; 2019; Pineda y Saladié, 2022). Aunque los restos de carnívoros no son demasiado abundantes, la presencia de estos y su actividad está claramente atestiguada a través de evidencias indirectas, como las modificaciones sobre los conjuntos osteológicos o los coprolitos recuperados.

Estudios interdisciplinarios han permitido identificar la unidad II del Barranc de la Boella como un ecosistema deltaico con recursos abundantes para todas las especies del entorno, como son recursos vegetales, agua, presas y, en el caso de los homínidos, también materias primas para la elaboración de herramientas (Pineda et al., 2015; 2017b). Homínidos y carnívoros se encuentran presentes en todos los niveles estudiados, con diversos grados de intensidad en las modificaciones producidas. Pineda et al. (2017b) muestran cómo los niveles de actividad de cada uno se correlacionan positivamente entre sí, de manera que al encontrar una mayor actividad de carnívoros se observa también una mayor presencia homínida, como se observa en el nivel II.2 de La Mina. Estos datos

sugieren una relación entre ambos agentes en la que compartirían espacio en momentos en que los recursos son suficientes para satisfacer sus necesidades diarias, mostrando la capacidad de las poblaciones de homínidos del pleistoceno inferior de sobrevivir y llevar a cabo sus actividades de subsistencia bajo contextos de alta competitividad.

Las evidencias de consumo antrópico de carcasas animales son escasas, quizá debido a los problemas de conservación que presenta el conjunto. No obstante, también queda abierta la hipótesis sobre la realización de actividades de forrajeo más allá de la obtención de recursos de origen animal (Pineda et al., 2015).

4. MÉTODOS

Los materiales incluidos en este trabajo son los restos faunísticos coordinados (identificables y > 2 cm) procedentes del nivel 1 de la unidad litoestratigráfica II de la localidad 2 (La Mina, en adelante, nivel II.1) del yacimiento arqueopaleontológico del Barranc de la Boella (la Canonja, Tarragona, España). El estudio de dichos fósiles proporcionará un marco general sobre la actuación de los homínidos en el entorno del Barranc de la Boella, el rol de los diversos agentes (homínidos y carnívoros) y procesos en la formación del conjunto, y la competencia entre depredadores.

Los métodos aplicados en el desarrollo de esta investigación incluyen el estudio tafonómico tradicional, el tratamiento de datos espaciales de los especímenes recuperados en el conjunto y la realización de un proyecto experimental que permite complementar el estudio del nivel II.1 de La Mina.

4.1. Identificación Taxonómica

4.1.1. Representación anatómica y taxonómica

Para la elaboración de estudios zooarqueológicos y tafonómicos es necesario llevar a cabo un análisis taxonómico de los restos de fauna. Es una parte que resulta esencial ya que las posteriores inferencias sobre el conjunto se derivan de los perfiles anatómicos y taxonómicos descritos e identificados previamente. Con este fin, se ha recurrido al uso de la colección osteológica de referencia del *Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social* (IPHES-CERCA), así como al uso de atlas de anatomía comparada (Pales y Lambert, 1971; Pales y García, 1981; Barone, 1976; Hillson, 1996; 2005) y trabajos paleontológicos previos del propio yacimiento con el objetivo de conocer la clasificación taxonómica realizada en ellos (Lozano-Fernández *et al.*, 2014; Vallverdú *et al.*, 2014; Rosas *et al.*, 2015; Madurell-Malapeira *et al.*, 2019; Fidalgo *et al.*, 2023a; 2023b).

El estado de conservación es un factor que influye de manera directa en la identificación anatómica y taxonómica de los fragmentos óseos de todos los yacimientos arqueopaleontológicos. Los elementos identificados cuentan con una descripción de la zona, la porción, la cara y el lado del elemento, aunque dicha identificación no ha sido posible en toda la muestra. Los diferentes restos sin una adscripción anatómica y taxonómica concreta han sido clasificados según el tipo de hueso y los grupos por talla de peso (en vida), descritas a continuación, para su correcta inclusión en el estudio. Los

restos que no han podido incluirse en dichas categorías han sido clasificados como indeterminados.

4.1.2. Tipos de hueso y tallas de peso

Los restos que no han sido identificados anatómicamente han seguido la siguiente clasificación (Saladié *et al.*, 2011) (Figura 4.1):

- Huesos articulares: presentan varias facetas articulares, morfología irregular y un interior compuesto de tejido esponjoso compacto. Se incluyen en este grupo los carpales y tarsales, sesamoideos y patelas. Por su morfología, esta categoría puede incluir fragmentos de vertebras o epífisis de otros elementos anatómicos.
- Huesos largos: están formados por una diáfisis y dos epífisis. Contienen cavidad medular y presentan tejido esponjoso en las epífisis y tejido cortical en diáfisis. Se incluyen en este grupo húmero, fémur, radio-ulna, tibia, fíbula, metápodos y falanges.
- Huesos planos: corresponden a los huesos del esqueleto axial, craneal y de las cinturas (cráneo, mandíbula, vértebras, escápulas, costillas, coxal). Presentan caras con poco espesor y un contenido medular casi inexistente. En el caso del esqueleto axial, su composición es principalmente tejido esponjoso.

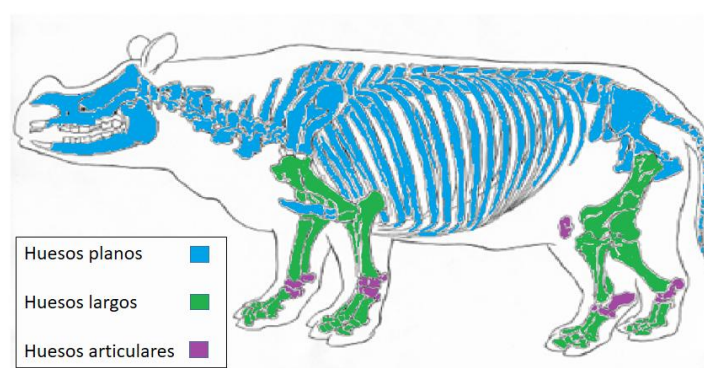


Figura 4. 1. Clasificación de los huesos por tipología. Modificado a partir de Pales y García (1981).

Los restos que no cuentan con identificación taxonómica han sido clasificados, a su vez, en tallas de peso (Huguet y Cáceres, 1999; Saladié *et al.*, 2011) (Tabla 4.1):

TALLA	PESO	TAXONES INCLUIDOS
Muy Grande	> 1000 kg	<i>Hippopotamus antiquus</i> <i>Stephanorhinus hundsheimensis</i>
Grande	300 – 1000 kg	<i>Bison schoetensaki</i> <i>Equus altidens</i> <i>Megacerini</i> sp. <i>Ursus deningeri</i>
Mediana	100 – 300 kg	Cervidae (talla media) <i>Dama vallonnetensis</i> <i>Panthera</i> sp. (talla grande)
Pequeña	10 – 100 kg	<i>Lynx pardinus</i> <i>Vulpes</i> sp. <i>Castor</i> sp.
Muy Pequeña	< 10 kg	<i>Oryctolagus</i> sp. Chelonia Aves

Tabla 4. 1. Clasificación de los huesos por talla de peso y taxones incluidos.

4.1.3. Grupos de edad

La edad de muerte de los individuos se puede establecer mediante distintos métodos:

- Grado de osificación y epifisación de los huesos: La fusión ósea se produce en distintos momentos de la vida del individuo para distintos elementos del esqueleto (Barone, 1976).
- Erupción y desgaste de dientes: De igual manera que la fusión ósea, la erupción dental se produce dependiendo del grado de maduración del individuo (Hillson,

1996; Bunn y Pickering, 2010), obteniendo información a través del tipo de diente (deciduo o definitivo) y de su grado de desgaste (Reitz y Wing, 2008), patrón de reemplazo y convivencia de las diferentes piezas en las mandíbulas/maxilares.

Los grupos de edad en La Mina han sido establecidos a través de este último método debido al bajo grado de conservación de los diferentes elementos óseos analizados. Se han establecido tres categorías: juvenil, adulto y senil. Los individuos se caracterizan como juveniles bajo la presencia de dentición decidua en convivencia con otras piezas dentarias permanentes con un nivel de desgaste mínimo o bajo. Los individuos adultos muestran una dentición permanente completa con un grado bajo o moderado de desgaste para cada una de las piezas. Los individuos seniles muestran un grado muy avanzado de desgaste dental, especialmente notable en el primer y segundo molar.

4.2. Cuantificación

Los métodos de cuantificación corresponden al Número de Especímenes o Restos (NSP o NR), Número de Especímenes Identificados (NISP), Número Mínimo de Elementos (NME) y Número Mínimo de Individuos (NMI), junto con la Unidad Mínima de Animales (MAU) (Binford, 1984; Grayson, 1989; Lyman, 1994; 2008)

La cuantificación comienza con el recuento del NSP, incluyendo la totalidad de elementos en el registro (identificados y no identificados). De este total se extrae el NISP, contabilizando los restos identificados anatómicamente y taxonómicamente. Con el NISP se calcula el número mínimo de elementos que pueden ser individualizados (NME). Este cálculo se puede realizar mediante diferentes metodologías (e.g. Bunn *et al.*, 1988; Marean y Spencer, 1991; Stiner, 1994; Saladié *et al.*, 2011). Se tiene en cuenta la porción conservada, la cara, el lado y la edad de muerte estimada, además del número de veces que se repite dicho elemento en el esqueleto. Para el cálculo se ha considerado el esquema propuesto por Saladié *et al.* (2011), mediante el cual los huesos son divididos en porciones de hueso de la siguiente manera (Figura 4.2):

- Huesos largos: las porciones 1 y 5 se corresponden con las epífisis (proximal y distal, respectivamente). Las porciones 2 y 4 se corresponden con los extremos de las diáfisis (proximal y distal, respectivamente). La porción 3 se corresponde con la zona medial de la diáfisis.
- Huesos planos (excepto vértebras y cráneo): Siguiendo un modelo parecido a los huesos largos, la porción 1 se corresponde con la zona proximal del hueso y la 5

con la distal, correspondiendo las porciones 2 y 4 a las zonas más próximas a las anteriores, respectivamente, y la porción 3 a la zona medial del hueso plano.

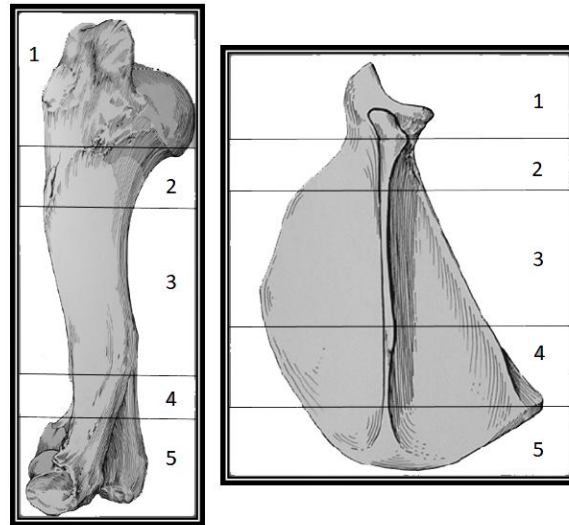


Figura 4. 2. División por porciones de huesos largos y planos. Modificado a partir de Pales y García (1981).

A partir del NME más elevado y teniendo en cuenta la edad de muerte cuando ha sido posible se ha establecido el NMI, aproximándonos al número mínimo de animales presentes en el registro fósil y permitiendo considerar la cantidad relativa presente de cada taxón en el conjunto. Para su cálculo se ha utilizado el elemento o porción anatómico más repetido, teniendo en cuenta el lado y los grupos de edad. En nuestro estudio la dentición ha sido el elemento que más ha apoyado la estimación del NMI.

Para establecer la representación esquelética del registro fósil se ha utilizado el MAU (Binford, 1984), obteniendo la proporción entre los elementos conservados y los esperados según el NME mediante la siguiente fórmula:

$$MAU = \frac{NME}{\text{Número de elementos por esqueleto}}$$

Y posteriormente, se ha estandarizado mediante la siguiente fórmula:

$$\%MAU = \frac{MAU * 100}{MAU \text{ máximo del conjunto}}$$

La estimación del %MAU, junto con el resto de análisis realizados, nos permite valorar la representación de elementos en el registro y la posible razón detrás de su presencia o ausencia. Esto puede tener diferentes orígenes, ya sea la destrucción diferencial por causas diagenéticas, el *ravaging* o saqueo por parte de los carnívoros o el transporte antrópico. Este último es habitual en las áreas de habitación de los homínidos (e.g. Saladié et al., 2011). Habitualmente una mezcla de procesos y actividad de diferentes actores puede ser el origen de los perfiles anatómicos incompletos.

4.3. Índices de diversidad

Con el fin de estudiar la diversidad taxonómica del conjunto se han aplicado dos índices de diversidad y un índice de equidad con los datos de NISP del conjunto: el índice de Simpson (Simpson, 1949), el Índice de Shannon (Shannon, 1948) y el Índice de Pielou (Pielou, 1966).

El índice de Simpson (Simpson, 1949) mide la diversidad de una comunidad biológica a través de la probabilidad de que, cuando dos individuos son elegidos al azar pertenezcan a la misma especie. El resultado puede variar entre 0 y 1. Cuanto más próximo a 0, menor es la diversidad. La fórmula para su cálculo es:

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

donde “S” corresponde al número total de especies y “p_i” corresponde a la proporción de la especie “i” respecto al total de individuos.

El Índice de Shannon (Shannon, 1948) mide la diversidad de una comunidad teniendo en cuenta la riqueza de esta y la equidad entre la cantidad de individuos de cada especie. El resultado varía entre 0 y más de 3. Los valores próximos a 0 muestran la dominancia de una especie, mientras que valores entre 1 y 3 muestran una diversidad moderada en distintos grados. Los valores superiores a 3 implican una alta diversidad. La fórmula para su cálculo es:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$$

donde “S” corresponde al número total de especies y “p_i” a la proporción de la especie “i” respecto al total de individuos.

Finalmente, el Índice de Pielou (Pielou, 1966) es un índice de uniformidad para calcular la equidad entre la presencia de las especies del conjunto. Los valores varían entre 0 y 1, mostrando una equidad nula en 0 y una mayor equidad a medida que se aproximan a 1. La fórmula para su cálculo es:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

donde H’ corresponde al índice de Shannon y “S” al número de especies.

Estos índices se han aplicado también al nivel II.2, a partir de los valores de NISP publicados en Pineda y Saladié (2022) para la comparación entre ambos niveles. De modo complementario a esta comparación se ha calculado la homogeneidad taxonómica de ambos conjuntos a través de un test chi-cuadrado.

4.4. Índice de densidad mineral

Para observar la relación entre la muestra conservada y la densidad estructural de los restos se ha correlacionado el %MAU en restos de tallas pequeñas, medias y grandes. Se han aplicado los valores de densidad mineral proporcionados por Lyman (1994) para la oveja (talla pequeña) y por Lam et al. (1999) para ciervo (talla media) y caballo (talla grande). Se ha obtenido posteriormente la curva de regresión para observar esta relación.

Aplicando los criterios expuestos por Marean y Cleghorn (2003), se han obviado los elementos de baja supervivencia en la realización de un segundo análisis de densidad mineral. Estos elementos incluyen aquellos con poco tejido cortical y con predominio del tejido esponjoso, como las costillas, vertebras, pelvis, escápulas, huesos articulares, carpos y tarsos y falanges. El análisis se ha realizado, por lo tanto, con los huesos largos y el esqueleto craneal, considerados elementos de alta supervivencia.

Se ha aplicado el test Shapiro-Wilks para determinar la normalidad de las variables y se ha utilizado el test Kendall’s tau para establecer la importancia y correlación estadísticas en variables no paramétricas.

4.5. Análisis de fracturación y fragmentación

Al hablar de fragmentación nos referimos a un proceso natural de características físico-químicas por el que pasan los restos arqueológicos que presenta una acción diferencial en función del estado del hueso (seco o fresco) (Bunn, 1983; Villa y Mahieu, 1991), mientras que la fracturación es una acción intencional llevada a cabo sobre el hueso por homínidos o carnívoros con unos fines, principalmente, alimenticios (Lyman, 1978; Binford, 1981; Brugal, 1994).

Respecto a la fragmentación, el principal condicionante corresponde al estado del hueso (seco o fresco) (Bunn, 1983; Villa y Mahieu, 1991). Los huesos frescos son plásticos y pueden deformarse, lo que favorece la distribución de la fuerza del impacto por el hueso, necesitando de una alta presión para derivar en una fractura. Por otro lado, los huesos secos al perder dicha plasticidad presentan menor resistencia ante la fuerza ejercida, derivando en una fácil fracturación y en grietas con morfología diferente a las de una fractura fresca. La fragmentación en huesos secos, principalmente ligada a causas diagenéticas, deriva generalmente en planos de fractura con morfologías irregulares y rugosas, delineaciones rectas (longitudinales o transversales) y ángulos rectos, mientras que las fracturas en hueso fresco provocan superficies suaves con delineaciones curvas y ángulos oblicuos (Myers et al, 1980; Johnson, 1985; Villa y Mahieu, 1991; Lyman, 1994)

El Índice de Fragmentación sobre huesos largos (Bunn, 1983; Villa y Mahieu, 1991) nos permite valorar la proporción de la sección y de la longitud conservada, en relación con las diáfisis de los huesos largos, asignando un valor numérico a esta proporción. Respecto a la longitud, el número 1 indica una conservación menor a 1/4 de la longitud total de la diáfisis; el 2 indica una conservación entre 1/4 y 1/2; el 3 entre 1/2 y 3/4; y el 4 implica la conservación completa o, de al menos, más de 3/4 partes de la longitud total. Respecto a la sección, el número 1 corresponde a 1/3 del total de la sección de la diáfisis; el 2 a 2/3; y el 3 corresponde a una conservación completa o, de al menos, más de 2/3 de la sección completa (Figura 4.3). Este índice se complementa con el análisis propuesto por Villa y Mahieu (1991) sobre la delineación (longitudinal, transversal o curva), la superficie (suave o irregular) y el ángulo (recto, oblicuo o mixto) de los paños de fractura (Figura 4.4), determinando con esto el estado (fresco o seco) del hueso en el momento de fragmentación, concluyendo en una fracturación en fresco marcada por ángulos obtusos o agudos, una delineación curva y una textura suave.

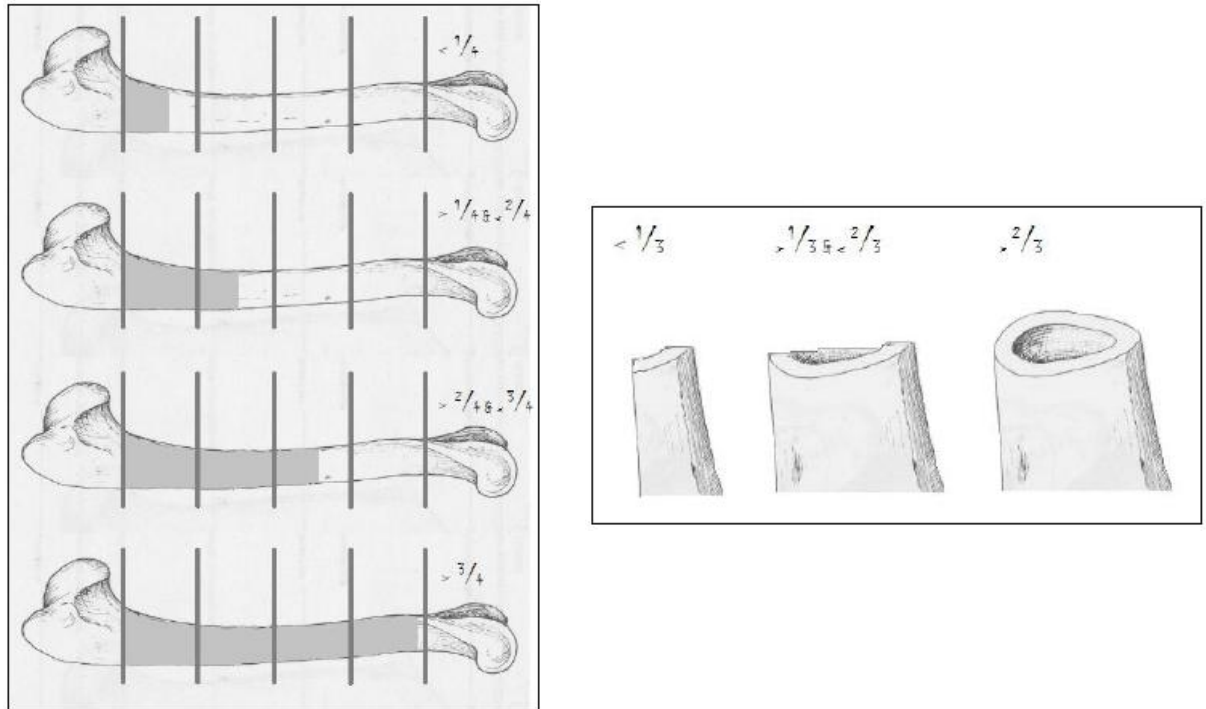


Figura 4. 3. Índice de fragmentación de Bunn (1983) respecto a la longitud (izquierda) y sección (derecha) para huesos largos. Extraído de Pineda (2018), modificado a partir de Barone (1976).

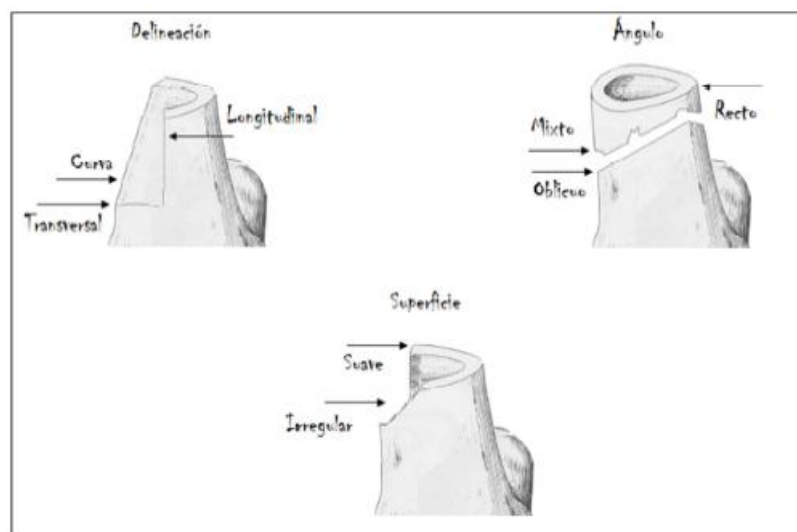


Figura 4. 4. Análisis de la delineación, ángulo y superficie de los paños de fractura para huesos largos propuesto por Villa y Mahieu (1991). Extraído de Pineda (2018), modificado a partir de Barone (1976).

4.6. Modificaciones producidas por carnívoros

Los carnívoros, al llevar a cabo acciones cinegéticas y de alimentación, pueden generar importantes modificaciones sobre los huesos afectados (Brain, 1981). Las características de estas modificaciones son de esencial conocimiento para llevar a cabo su correcta identificación y poder analizar la presencia de carnívoros en el conjunto.

Las mordeduras suelen producirse durante el proceso de descarnado o con la fracturación del hueso para acceder a la médula (Binford, 1981) o el roído de los huesos. Las mordeduras han sido descritas en diversos estudios (e.g. Maguire et al., 1980; Binford, 1981; Brain, 1981; Shipman, 1981a; Selvaggio, 1994a; Blumenschine, 1995;), distinguiendo así los siguientes tipos de mordeduras:

- Depresiones: Se producen cuando la presión del diente provoca un colapso del tejido óseo, presentando una morfología circular.
- Improntas: Similares a las depresiones, pero presentando varias cúspides de la misma serie dentaria.
- Surcos: Se producen con el arrastre de una cúspide sobre la cortical del hueso, generalmente en el proceso de descarnado, mostrando una morfología en “U” con un fondo plano, rugoso e irregular. Su localización se centra en las diáfisis de huesos largos, transversales al eje longitudinal.
- Cilindros: Se producen con la extracción de las epífisis para obtener acceso a la médula ósea (Cruz-Urbe, 1991).
- Digestión: Se produce por el contacto entre los huesos y los ácidos gástricos, lo que provoca la corrosión del tejido óseo y produce cúpulas y superficies porosas (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992)
- Pitting: Se produce por el chupeteo o mordisqueo de los extremos de los huesos, derivando en una gran cantidad de pequeñas depresiones (Binford, 1981).

Las dimensiones de las depresiones permiten realizar una aproximación al tipo de depredador que ha realizado las marcas (Selvaggio, 1994a; Andrews y Fernández-Jalvo, 1997; Domínguez-Rodrigo y Piqueras, 2003; Saladié, 2009; Delaney-Rivera et al., 2009; Andres et al., 2012; Rodríguez-Hidalgo et al., 2013). Los primeros trabajos establecieron los parámetros métricos para identificar carnívoros a través del tamaño de las mordeduras. Andrews y Fernández-Jalvo (1997) y Domínguez-Rodrigo y Piqueras (2003) realizaron una división en función del daño ejercido por el carnívoro en el hueso, con marcas menores a 4 mm correspondiendo a todos los carnívoros menos a leones, con las marcas más pequeñas (< 2 mm) perteneciendo a félidos, y marcas superiores a 6 mm para leones e hienas (Domínguez-Rodrigo y Piqueras, 2003). Delaney-Rivera et al. (2009) expusieron una importante superposición entre el tamaño de marcas y el agente, con marcas pequeñas producidas por grandes carnívoros, principalmente en tejido cortical. Posteriormente, Andrés y colegas (2012) establecerán la anchura de las depresiones en tejido cortical

como la mejor medida para diferenciar entre carnívoros de talla grande o pequeña. Respecto a la muestra de especies, Saladié (2009) amplió la muestra de mordeduras más allá de los carnívoros, trabajando con suidos, úrsidos, chimpancés y humanos, y Rodríguez-Hidalgo et al. (2013) incluyó la especie *Lynx pardinus* entre la muestra de trabajo.

4.7. Modificaciones producidas por homíninos

Los homíninos también modifican las superficies óseas cuando acceden a las carcasas, siendo esta la mejor evidencia del consumo antrópico de las mismas. Las características de las modificaciones producidas de manera antrópica son esenciales de cara a su caracterización e identificación.

Las marcas de corte se producen cuando, durante el procesado de una carcasa, la herramienta empleada realiza un contacto accidental con la superficie ósea, generando diferentes tipos de estrías en función de variables como el movimiento y la fase de la secuencia de carnicería en que se encuentren (Binford, 1981; Potts y Shipman, 1981; Shipman, 1981b; Shipman y Rose, 1983b; Nilssen, 2000; Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2009; Galán y Domínguez-Rodrigo, 2013):

- Incisiones: son estrías finas derivadas de un movimiento continuo correspondiente a un único contacto. Aparecen tanto de manera individual como en grupo, con una disposición generalmente oblicua y presentando una sección con morfología en “V” y con presencia de microestriación interna.
- Aserrados: corresponde a un conjunto de incisiones superpuestas y concentradas como consecuencia de una acción repetitiva donde el contacto con el hueso es continuo. Suelen ser estrías cortas y profundas.
- Raspados: Se producen cuando la herramienta realiza contacto con el hueso de manera perpendicular al movimiento de la mano.
- Tajos: Son estrías cortas y profundas, con una importante amplitud, producidas tras la realización de un golpe seco con el instrumento.

Las características de las marcas de corte han sido sintetizadas por Domínguez-Rodrigo *et al.* (2009) con el fin de facilitar su correcta identificación y diferenciación con otras estrías presentes en las superficies óseas. Las marcas de corte se caracterizan por presentar una sección generalmente en “V”, una trayectoria predominantemente recta y microestriación interna, con pequeñas estrías asociadas a la estría principal (*Shoulder*

Effect) y tener en ocasiones un extremo curvado superficial, conocido como barba. La orientación de las marcas suele ser oblicua o perpendicular al eje longitudinal.

Los homínidos también tienden a fracturar los huesos con el fin de obtener la médula ósea para su consumo. Este acceso se obtiene a través de técnicas como la percusión (Blumenschine y Selvaggio, 1988) o el *peeling* (fractura por flexión) (White, 1992). La fracturación se puede identificar como antrópica gracias a la correcta caracterización de las marcas provocadas por este proceso, siendo las más comunes los estigmas de percusión, los contragolpes o las extracciones medulares conoidales (e.g. Blumenschine y Selvaggio, 1988; Capaldo y Blumenschine, 1994; Pickering y Egeland, 2006; Galán et al. 2009; Moclán y Domínguez-Rodrigo, 2018).

Estas modificaciones producidas por homínidos derivan de la secuencia antrópica de procesamiento de carcasas animales, establecida a través de estudios etnográficos en el último cuarto del siglo XX (Binford, 1978; 1981; Nilssen, 2000; Galán and Domínguez-Rodrigo, 2013), describiendo a su vez la relación entre tipo de marca de corte, localización y actividad dentro de dicha secuencia. Este proceso de carnicería se divide en:

- Evisceración: Extracción de las vísceras del animal. Suele ser un proceso llevado a cabo con las manos, con lo que las evidencias tafonómicas son mínimas o inexistentes, salvo alguna marca de corte en la cara interna de las costillas o en la mandíbula (extracción de la lengua).
- Desollado: Extracción de la piel del animal. La mayoría de marcas relacionadas con esta acción se localizan en huesos de zonas con poco contenido cárnico, como el cráneo o los metápodos.
- Descuartizamiento: Desmembramiento del animal. Las marcas observables suelen localizarse en zonas de unión de huesos, como las epífisis de los huesos largos, acetábulo de la pelvis, etc.
- Descarnado: Extracción de los paquetes cárnicos del animal. Es la actividad que más evidencias deja y nos permite inferir el modo de obtención, la modalidad y el tiempo transcurrido tras la muerte del individuo (Bunn y Kroll, 1986). Generalmente, se producen incisiones focalizadas en huesos largos, aunque también se pueden observar en el esqueleto axial y craneal.
- Desarticulado: Separación de elementos anatómicos. Las marcas se localizan en las epífisis y extremos de las diáfisis.

- Raspado: Extracción del periostio del hueso, con el fin de facilitar la fracturación del mismo o para obtener el máximo de carne.

4.8. Competencia entre depredadores

Los perfiles anatómicos representados en un conjunto arqueológico pueden verse influenciados por distintas razones, como las alteraciones fosildiagénicas o por transporte diferencial de elementos. Los carnívoros también tienen un gran impacto en la representación osteológica del conjunto, a través de acciones como la selección de partes específicas de las carcasas, la destrucción y modificación de los elementos o el transporte selectivo de estos. Esta modificación o destrucción de los elementos, también llamada “saqueo” o “*ravaging*”, se puede medir con la aplicación de varios índices que tienen como objetivo el análisis de competencia entre depredadores.

Domínguez-Rodrigo y Organista (2007) establecen tres ratios en torno al NME para calcular el *ravaging*, o el nivel de destrucción del conjunto por los carnívoros:

Axial Bones – Appendicular Bones ratio: Los elementos del esqueleto axial son los primeros en desaparecer cuando hay *ravaging* en el conjunto. Si el nivel de este ratio se aproxima a 0 implica una importante desaparición de elementos axiales y, por tanto, un *ravaging* intenso. Si el ratio se aproxima a 4.25, el máximo, implica falta de *ravaging* y una buena conservación del esqueleto axial.

$$\text{Axial Bones – Appendicular Bones ratio} = \frac{\text{NME esqueleto axial}}{\text{NME esqueleto apendicular}}$$

Femur – Tibia ratio: Los huesos menos densos desaparecen antes que los huesos con mayor densidad bajo *ravaging*, de manera que el fémur desaparece antes que la tibia. De nuevo, una ratio próxima a 0 implica un mayor *ravaging* mientras que si se aproxima a 1 implica la ausencia del mismo.

$$\text{Fémur – Tibia ratio} = \frac{\text{NME fémures}}{\text{NME tibias}}$$

(Húmero proximal + Radio distal)-(Húmero distal + Radio proximal) ratio: La densidad del extremo proximal del húmero y el distal del radio es menor que en los otros extremos, con lo que bajo *ravaging* desaparecerían antes. Un ratio cercano a 0 implica un alto *ravaging* mientras que próximo a 1 muestra la falta del mismo.

$$(PH + DR) - (DH + PR) = \frac{\text{proximal humerus} + \text{distal radius}}{\text{distal humerus} + \text{proximal radius}}$$

Aplicando este último ratio junto con el primero de ellos, se ha establecido un modelo teórico para calcular el *ravaging* (Figura 4.5) (Domínguez-Rodrigo y Organista, 2007). Los dos primeros *stages* se relacionarían con un contexto de bajo *ravaging*, mientras que en el segundo y tercero observaríamos un contexto de alta competencia.

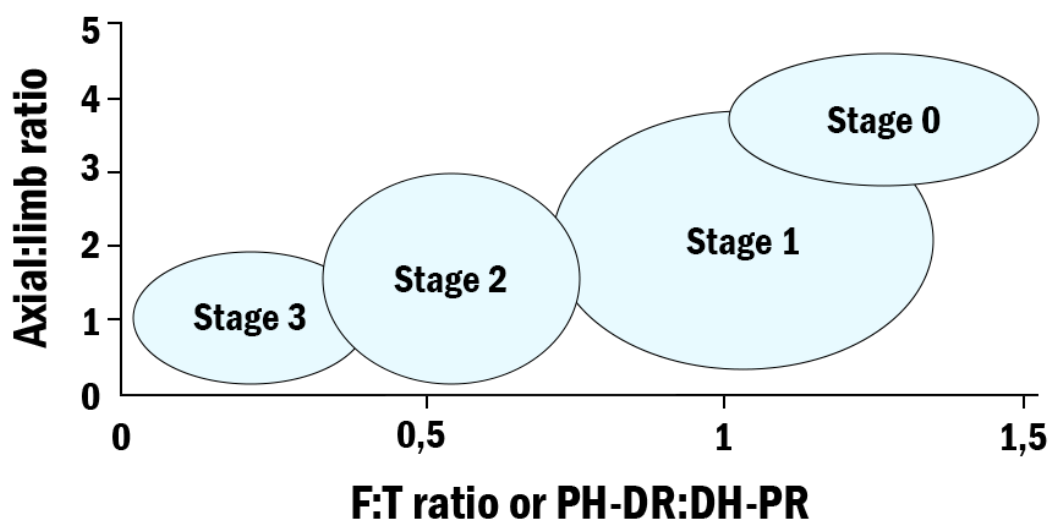


Figura 4. 5. Modelo teórico para el cálculo del *ravaging* propuesto por Domínguez-Rodrigo y Organista (2007).

Blumenschine y Marean (1993) proponen una ratio de comparación entre fragmentos de epífisis con fragmentos de diáfisis, en conjunto con las marcas de mordedura, con el fin de evaluar la competencia entre depredadores del conjunto. Así, una ratio baja con una frecuencia de mordeduras alta implica una baja competencia. En contextos de alta competencia podríamos encontrar también una ratio baja pero con una menor frecuencia de mordeduras. Esto es debido a que la ratio se basa en un trabajo sobre hienas, quienes destruyen las epífisis a menudo. Cuando la competencia es baja, los carnívoros consumen elementos menos densos y más grasos, derivando en una alta correlación entre densidad mineral y representación esquelética. Si la competencia es alta, los carnívoros aprovechan todo tipo de elementos (Faith y Behrensmeyer, 2006; Faith *et al.*, 2007). Se calcula con una división entre el número de epífisis conservadas y diáfisis, oscilando entre 0 y 2 y mostrando un contexto de *ravaging* cuando la ratio se aproxima a 0 (Lyman, 1994). La fórmula, siguiendo lo establecido por Marean y Spencer (1991) y Domínguez-Rodrigo *et al.* (2002), es la siguiente:

$$\% \text{ de cambio} = \frac{NME \text{ antes de ravaging} - NME \text{ después de ravaging}}{NME \text{ antes de ravaging}} * 100$$

Domínguez-Rodrigo y colegas (2002) lo elaboran en base al NME total en cambio del NME antes del *ravaging*, partiendo de la base de que cada elemento tiene dos epífisis y una diáfisis.

Egeland (2008) propone un cálculo de la competencia entre carnívoros a través de dos ratios en la que relaciona huesos axiales y apendiculares por un lado y fragmentos de epífisis y diáfisis por otro. La baja competencia entre carnívoros mostraría un alto índice de ambas ratios, mientras que ratios cercanas a 0 mostrarían una alta competencia (Figura 4.6).

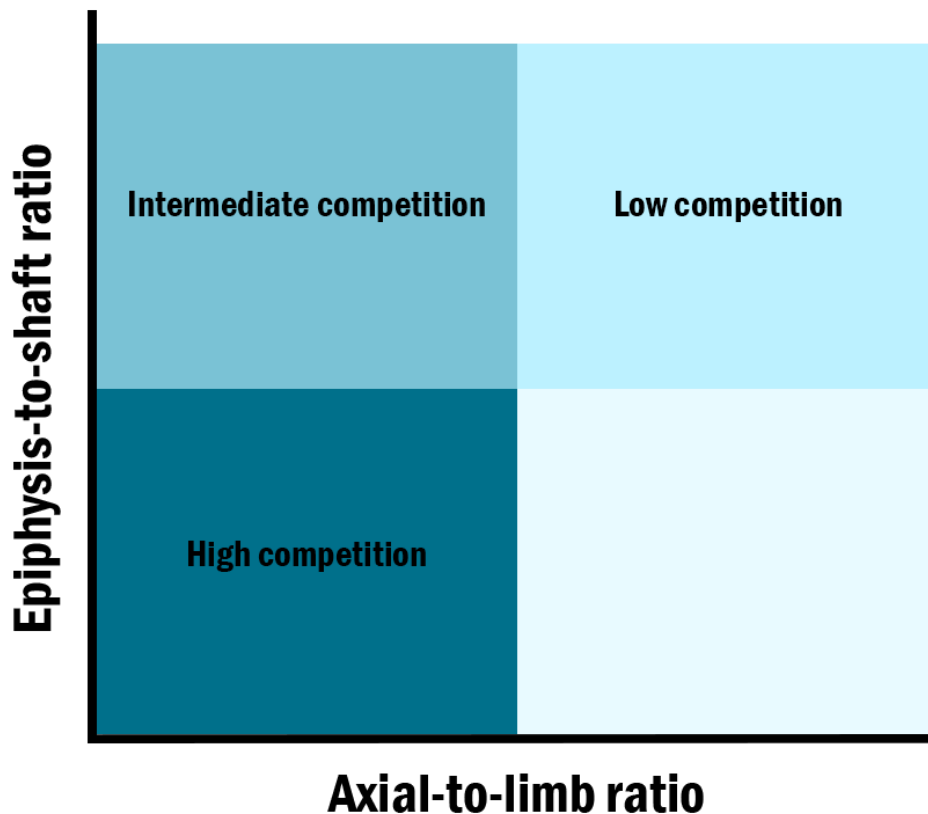


Figura 4. 6. Modelo teórico propuesto por Egeland (2008) para establecer el grado de competencia.

4.9. Otras modificaciones tafonómicas

4.9.1. Weathering

El *weathering* o meteorización se produce por la exposición subaérea del hueso, que deriva en la descomposición, por procesos físicos y químicos, de los componentes del

hueso y que es entendida como un proceso natural de reciclado de los nutrientes, provocando la destrucción y fragmentación del hueso (Behrensmeyer, 1978). Se proponen así un total de seis estadios de *weathering*, variando estos en función del tiempo de exposición (Tabla 4.2):

ESTADIOS	AÑOS	CARACTERÍSTICAS
0	0-1	Sin alteración
1	0-3	Grietas paralelas longitudinales a la estructura fibrosa en huesos largos.
2	2-6	Lascados asociados a fracturas y pérdida de cortical.
3	4-15+	Tejido cortical inexistente, presencia de redondeo en bordes de fractura. 1-1,5 cm de profundidad de la meteorización
4	6-15+	Meteorización más profunda. Superficie fibrosa y áspera. Agrietamiento severo.
5	6-15+	Hueso frágil. Forma original del hueso difícil de determinar. Astillamiento.

Tabla 4. 2. Estadios de meteorización propuestos por Behrensmeyer (1978).

Behrensmeyer (1978) propone la temperatura y la humedad como los principales agentes que provocan la meteorización de los huesos, e interpreta los niveles de *weathering* como un dato sobre el tiempo de formación de los conjuntos. Esta idea fue puesta en duda posteriormente por Lyman y Fox (1989) y Lyman (1994), dudando sobre esta correlación entre meteorización y tiempo de formación y afirmando que más variables afectan a la meteorización de un hueso, no solo temperatura y humedad.

Posteriormente, Andrews (1990) propone una clasificación nueva, aunque parecida a la anterior, reduciendo el número de estadios de seis a cuatro. Las diferencias obtenidas entre ambos trabajos se han considerado debidas a la diferencia climatológica entre ambas experimentaciones (Cáceres, 2002).

4.9.2. Abrasión hídrica

La alteración hídrica es una modificación física producida por el contacto del hueso con el agua y las partículas sedimentarias que esta arrastra (Shipman, 1981a; Behrensmeyer *et al.*, 1989; Gifford-Gonzalez, 1989; Fernández-Jalvo, 1992; Lyman, 1994; Cáceres, 2002), provocando un redondeo y pulido de los restos afectados. Las partículas transportadas afectan a los bordes y las superficies de los restos, redondeando dichas partes y puliéndolas, eliminando capas superficiales de los huesos (Bromage, 1984).

Shipman (1981a), en su estudio de la abrasión hídrica, introduce la variable de diferencia taxonómica y anatómica de los restos, y propone tres grados de abrasión de los restos. Cáceres (2002) amplía la información sobre los grados de alteración y propone el siguiente modelo, aplicado en este trabajo (Tabla 4.3):

PULIDO	GRADO	REDONDEO
Sin pulido	0	Sin redondeo
Capa apreciable microscópicamente, ligada principalmente a bordes de fractura.	1	Redondeo de bordes de fracturas y bordes anatómicos, apreciables microscópicamente.
Bordes brillantes, placas de pulido distribuidas por la superficie del hueso. Se puede observar macroscópicamente.	2	Afecta a determinadas zonas del hueso. Observable macroscópicamente.
Hueso completamente pulido, superficie claramente brillante.	3	Redondeo de toda la superficie, provocando la pérdida de la morfología original.

Tabla 4. 3. Grados de pulido y redondeo. Modificado a partir de Cáceres (2002).

La alteración producida por la abrasión hídrica puede alterar las modificaciones encontradas en las superficies óseas, como pueden ser las marcas de corte, alterando, imitando o incluso borrando dichas marcas (Shipman y Rose, 1983b; Behrensmeyer *et al.*, 1989; Rabinovich *et al.*, 2012; Gümrükçü y Pante, 2018; Pineda *et al.*, 2019; 2023).

4.9.3. Trampling

El *trampling* es un proceso de alteración de la superficie ósea, pudiendo llegar a la fracturación, producido por el contacto entre partículas sedimentarias y el hueso, el cual puede ser causado por distintos motivos: tránsito de seres vivos por la superficie, fricción debido a corrientes de agua, consumo de carnívoros, etc.

Los huesos alterados a causa del *trampling* presentan estriaciones en la superficie, las cuales se caracterizan por una falta de patrón de localización, su forma sinuosa, una sección variable sin microestriación interna y un trazo fino (Olsen y Shipman, 1988). Algunos investigadores han sugerido una localización preferente en las diáfisis, y no en facetas articulares (Andrews y Cook, 1985; Fiorillo, 1991), y se ha sugerido la presencia de microestriación interna en marcas de *trampling* (Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2009), pudiendo presentar diferentes grados de equifinalidad con las marcas de corte.

La caracterización e identificación de estas marcas es esencial para solventar problemas de equifinalidad entre estas estrías y las de origen antrópico. En algunos casos, una marca de corte alterada por efectos de *trampling* puede llegar a ser indistinguible de estas últimas (Bromage, 1984; Oliver, 1984; Behrensmeyer *et al.*, 1986; Olsen y Shipman, 1988) al menos mediante el uso de las técnicas de observación tradicionales, incluso aquellas de alta resolución como la microscopia electrónica.

El *trampling* también puede derivar en la fracturación de los huesos (Andrews y Cook, 1985; Kos, 2003; Stuart y Larkin, 2010; Holen, 2006; Blasco *et al.*, 2008; Gaudzinski-Windheuser *et al.*, 2010), primordialmente en huesos secos y meteorizados y en ocasiones puliendo la superficie (Olsen y Shipman, 1988).

Por último, el *trampling* puede influir en la dispersión, tanto vertical como horizontal, de los restos, además de en la reorientación de los mismos. Ambas características dependen de variables como la intensidad del propio *trampling*, la compactación del sustrato y el tipo (Gifford-González *et al.* 1985; Yellen, 1991; Eren *et al.* 2010).

4.9.4. Alteraciones por raíces

Las alteraciones producidas por raíces (*root-etching*) son modificaciones consideradas de carácter bío-químico, derivando en una disolución de la superficie, de manera que son los ácidos producidos por hongos y bacterias los que conllevan la corrosión del hueso (e.g.,

Behrensmeyer, 1978; Morlan, 1980; Grayson, 1988; Fernández-Jalvo, 1992) y no el contacto físico como tal de la raíz.

Las vermiculaciones son las alteraciones más características, descritas como estrías con sección en “U”, anchas y alargadas que afectan tanto a pequeñas zonas como a la totalidad del hueso. Estas han sido estudiadas por distintos investigadores (Behrensmeyer, 1978; Binford, 1981; Hesse y Wapnish, 1985; Cook, 1986; Fernandez-Jalvo, 1992; Lyman, 1994), algunos de los mismos destacando su similitud a marcas de carácter antrópico o marcas producidas por carnívoros. La equifinalidad también se observa con marcas producidas por agentes bioquímicos, como hongos y bacterias, los cuales producen estrías y depresiones similares a las observadas por carnívoros y similares a las vermiculaciones, con cambios en la coloración (Domínguez-Rodrigo y Barba, 2006). Además de las vermiculaciones, las raíces también pueden llegar a perforar huesos y fragmentarlos (Behrensmeyer, 1978; Andrews y Cook, 1985; Andrews, 1990).

4.9.5. Oxidación

En los conjuntos pleistocenos es frecuente observar tinciones de las superficies óseas, las cuales pueden variar entre distintos colores en función del agente que las causa.

Las manchas de coloración negra en los restos óseos suelen deberse a la precipitación de Óxido de Manganeso (IV) (Brain, 1981; Lyman, 1994). Esta precipitación se debe a la acción de bacterias desarrolladas en ambientes húmedos y aerobios, cercanos a un pH neutro, produciendo esta pigmentación oscura tras la utilización de los restos orgánicos como alimento (Potter y Rossman, 1979; Fernández-Jalvo, 1992, Cáceres, 2002). Marín-Arroyo et al. (2008) establecen como causa de la presencia de manganeso en el sedimento y en los huesos la descomposición del material orgánico acumulado (plantas, raíces, residuos animales), junto con la ayuda de bacterias y hongos.

Algunos autores consideran la presencia de líquenes como el agente causante del óxido de manganeso en los huesos (Thackeray et al., 2005; Thackeray, 2016). Cook (1986) considera que los líquenes pueden afectar a huesos durante la etapa de enterramiento, mientras que Lyman (1994) defiende su actuación durante la etapa previa subaerea, lo que conllevaría a entender la oxidación por manganeso como un proceso bioestratinómico y no fosildiagenético.

Algunos huesos pueden mostrar también colores marrones y rojizos, principalmente en suelos ricos en hierro y otros metales, oxigenados y activos biológicamente en el momento del enterramiento, derivando en la precipitación de óxido de hierro (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

4.9.6. Corrosión y disolución

La corrosión se caracteriza por una pérdida de tejido óseo debido a la alteración química, sin seguir ningún patrón concreto. Esta alteración química puede darse por cuestiones biológicas o geoquímicas, sin tener un completo contacto con el aire para su diferenciación con el *weathering* (Fernández-Jalvo, 2016), aunque variables como el clima, el pH del sustrato, las características del elemento, el contacto con la vegetación y el tipo de esta, el contacto con el agua y otras influyen en el tipo de corrosión, el grado de alteración y la distribución.

En muchos casos, la corrosión del hueso puede ser confundida con los procesos de digestión, aunque la localización de cada alteración (digestión en zonas concretas, corrosión generalizada en el hueso) puede ayudar a su diferenciación (Andrews, 1990).

La alteración química puede relacionarse también con los procesos de lixiviación, entendidos como la disolución de los elementos solubles del sedimento. La lixiviación tiene una gran presencia en los procesos de alteración de La Mina (Pineda y Saladié, 2022), derivando en la alteración de las superficies óseas y de las posibles modificaciones preexistentes, eliminando los criterios diagnósticos para su identificación (Pineda et al. 2014; Domínguez-Rodrigo et al. 2017; 2019a).

4.10. Análisis espacial

El estudio de la distribución de los restos del conjunto permite realizar una aproximación más fiable al estado del depósito, la integridad del yacimiento y los procesos de formación (Giusti *et al.*, 2018). Esta información nos permite conocer si el conjunto está *in situ* o no (Giusti y Arzarello, 2016), el impacto del agua en el conjunto arqueológico (Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2018), la relación espacial entre los restos líticos y de fauna (Giusti y Arzarello, 2016; Giusti *et al.*, 2019), diferenciar ocupaciones debido a la independencia espacial (Marín *et al.*, 2019) y conseguir comprender en mayor medida aspectos de organización o socioeconómicos de estos homínidos (Domínguez-Rodrigo y Cobo-Sánchez, 2017).

Cabe considerar que los objetos en el espacio se pueden encontrar relacionados de tres maneras:

- Grupos: Los objetos están agrupados en el espacio y muestran una relación de dependencia.
- Dispersión regular: Los objetos se encuentran separados de una manera regular unos de otros, encontrando también una relación de dependencia.
- Distribución aleatoria: No hay ninguna relación espacial entre los objetos.

Se ha utilizado el paquete *Spatstat* v. 3.2-1 (Baddeley *et al.* 2015) en *R* para el análisis espacial, construyendo una ventana para trabajar con la extensión del yacimiento y realizando correcciones del efecto ventana en cada método aplicado. Se han utilizado mapas Kernel no paramétricos para producir estimaciones gráficas de la intensidad, aplicando anchos de banda a través de valores sigma para controlar el grado de suavizado. Berman y Diggle (1989) proponen dos métodos distintos para obtener el ancho de banda apropiado (método de validación cruzada por error cuadrático medio y método de validación cruzada por verosimilitud) habiendo sido aplicados ambos.

Los patrones de agrupación se obtuvieron a través del test de Clark-Evans aplicando simulaciones de Monte Carlo ($n = 300$), obteniendo valores de R entre 0 (Completa Aleatoriedad Espacial o CSR por sus siglas en inglés) y 1 (Agrupación completa). Aun así, dicho test es sensible a la heterogeneidad, de forma que se ha utilizado el test de Hopkins-Skellam con simulaciones de Monte Carlo ($n = 300$) para complementarlo (Baddeley *et al.* 2015). Este produce valores de A que indican patrones aleatorios ($= 1$), agrupación (< 1) o regularidad (> 1).

Se ha aplicado la función K de Ripley (Ripley, 1976; 1977; 1979) para medir el número medio de puntos acumulados dentro de un radio de un punto dado, analizando la distribución de la lítica y la fauna. Funciona asumiendo que el proceso de acumulación es homogéneo, por lo que métodos más robustos como la función L han sido aplicados. Esta aplica una transformación con raíz cuadrada a la función K , estabilizando la varianza (Ripley, 1979). Se ha utilizado un test chi-cuadrado homogéneo con simulaciones de Monte Carlo (Robert and Casella, 2004) para dividir la ventana en unidades de un metro cuadrado, con resultados que sugieren la aplicación de la función L heterogénea, con 50 muestras aleatorias para las simulaciones de Monte Carlo con el fin de obtener el intervalo de confianza para la función. La curva se interpreta de la siguiente manera: Por encima

de la línea de CSR corresponde a un proceso de agregación, por debajo de la línea a una dispersión regular y en el intervalo de confianza de la línea de CSR a una completa dispersión aleatoria.

Tras el análisis independiente de cada variable (lítica y fauna) se ha aplicado un test multitipo para observar codependencia espacial entre ambos tipos de restos, utilizando una función L cruzada heterogénea (Ripley, 1979). Si los datos obtenidos se encuentran fuera del intervalo de confianza, ambos materiales son espacialmente dependientes, tanto agrupados como distribuidos regularmente. Este análisis se muestra en un gráfico cuádruple de dos variables. L_{ij} muestra la relación entre los restos de fauna y de lítica. Los gráficos superior izquierdo e inferior derecho muestran la distribución heterogénea L_{ii} . Los dos restantes muestran el tipo de asociación heterogénea L_{ij} , utilizando un intervalo de confianza de 95%. Si la probabilidad de que i puntos se encuentren en un radio de puntos j es mayor que el valor de referencia, los objetos se encuentran agrupados (Baddeley *et al.*, 2015).

Entendiendo los procesos tafonómicos de corriente como procesos que tienden a la dispersión y no a la agregación, el rechazo de la hipótesis nula (CSR) mostraría la no intervención de estos procesos. La diferenciación entre las dos variables podría mostrar una variación en la distribución, interpretando las muestras como depositadas en distintos momentos o afectadas por diferentes procesos tafonómicos. La aceptación de la hipótesis nula (CSR) mostraría procesos de deposición independientes o una redistribución de estos materiales.

El transporte hídrico del conjunto se ha analizado a través del modelo propuesto por Voorhies (1969), el cual realiza una división por grupos teniendo en cuenta el comportamiento de cada hueso de cara a su transporte por corrientes de agua, siendo el grupo I los más sencillos de arrastrar, requiriendo una menor energía, y los grupos posteriores cada vez más complejos de transportar gradualmente. El grupo I lo formarían elementos como costillas, vértebras, sacro y esternón; El grupo I y II lo formarían escápulas, falanges y ulnas; Grupo II incluiría los elementos del esqueleto apendicular; Grupo II y III estaría compuesto por la rama mandibular; Grupo III lo formarían la mandíbula y el cráneo. Esta información es aplicada posteriormente al modelo expuesto por Behrensmeier (1975) en el cual analiza el transporte fluvial y la velocidad de los huesos en función del tipo de forma.

La composición del conjunto se analizó a través del modelo propuesto por Domínguez-Rodrigo *et al.* (2018; 2019a), realizando la comparación del conjunto presente en este trabajo con un campamento Masai sin perturbar, un conjunto experimental lavado y un conjunto experimental arrastrado y transportado, permitiendo el análisis de la influencia del agua en La Mina y la interpretación de su posición (primaria o secundaria). Las variables consideradas fueron forma y estructura o composición. La división por forma se organizó en planos (“*flat*”) (fragmentos de diáfisis, costillas, escapulas), cuboides (“*cube*”) (vértebras, carpos y tarsos) y en forma de tubo (“*tube-shaped*”) (epífisis). La división por estructura hace referencia a si predomina el tejido trabecular, el tejido denso o una mezcla de ambos.

El marco de referencia para realizar estos análisis es muy pobre, permitiendo evaluar si un conjunto se encuentra lavado o arrastrado y su posición primaria o secundaria, pero siendo deficiente respecto a su evaluación como alterado por *debris flow*.

5. RESULTADOS

5.1. Identificación y cuantificación

Del total de 872 restos faunísticos analizados provenientes del nivel II.1 de La Mina, el 82,3% de los restos son huesos o fragmentos óseos (NSP = 718), mientras que los dientes aislados conforman el 13,7% de la muestra (NSP = 120) y las astas o sus fragmentos el 4% (NSP = 34).

5.1.1. Representación anatómica y taxonómica

La identificación anatómica y taxonómica se ha llevado a cabo en un total de 261 especímenes (29,9%). Por otro lado, un total de 418 especímenes entre los restos no identificados (48%) se han agrupado en categorías de talla de peso y tipo de hueso, y los restantes 193 restos han sido clasificados como indeterminados (22,1%) (Tabla 5.1).

TAXÓN	NISP/NSP	%
<i>Hippopotamus antiquus</i>	3	0,3
<i>Stephanorhinus hundsheimensis</i>	2	0,2
<i>Bison schoetensaki</i>	7	0,8
<i>Equus altidens</i>	53	6,1
<i>Megacerini</i> sp.	2	0,2
<i>Dama</i> cf. <i>vallonnetensis</i>	8	0,9
Cervidae (talla media)	158	18,1
<i>Ursus deningeri</i>	4	0,5
<i>Panthera</i> sp. (talla grande)	1	0,1
<i>Lynx pardinus</i>	1	0,1
<i>Vulpes</i> sp.	1	0,1
Carnivora (talla media)	2	0,2
Carnivora (talla pequeña)	1	0,1
<i>Castor</i> sp.	1	0,1
<i>Oryctolagus</i> sp.	7	0,8
Chelonidae	8	0,9
Aves	2	0,2
Total NISP	261	29,9
Talla muy grande	8	0,9
Talla grande	78	8,9
Talla media	306	35,1
Talla pequeña	23	2,6
Talla muy pequeña	3	0,3
Total por tallas	418	48
Indeterminados	193	22,1
Total	872	100

Tabla 5. 1. NISP de los Taxones identificados en La Mina II.1. También se muestran restos asignados a tallas de peso y restos indeterminados.

Resultados

Se han observado un total de 11 familias taxonómicas: Hippopotamidae, Rinocerotidae, Bovidae, Equidae, Cervidae, Ursidae, Canidae, Felidae, Castoridae, Leporidae y Chelonidae, junto a dos restos de ave. En las dos primeras familias se reconocen las especies *Hippopotamus antiquus* y *Stephanorhinus hundsheimensis*. En la familia Bovidae se ha reconocido *Bison schoetensacki* y entre los équidos está presente *Equus altidens*. Entre los cérvidos se han identificado dos géneros: *Dama* cf. *vallonetensis* y *Megacerini* sp. (Figura 5.1); y algunos restos de cérvido sin identificación a nivel de especie fueron clasificados como “Cervidae (talla media)”, destacando que no se han adscrito a los megacerinos. Entre los carnívoros encontramos los úrsidos, siendo descritos como *Ursus deningeri*, así como *Panthera* sp. (talla grande), *Lynx pardinus* y *Vulpes* sp., junto con algunos restos no identificados a nivel de género que han sido clasificados como Orden Carnivora. Respecto a las tallas más pequeñas se han identificado *Castor* sp. y *Oryctolagus* sp. Con respecto a las aves y los quelonios, no ha sido posible su identificación a un nivel más específico.



Figura 5. 1. Asta de *Megacerini* sp.

A nivel taxonómico también se ha calculado la diversidad del nivel II.1 aplicando los índices de Simpson (Simpson, 1949) y de Shannon (Shannon, 1948). El test de Simpson mostró una diversidad moderada ($D = 0,59$), apoyado por el resultado del test de Shannon ($H' = 1,4$). También se ha calculado la homogeneidad taxonómica a través del test de equidad de Pielou (1966), mostrando una uniformidad muy baja ($J' = 0,25$) para el nivel II.1.

Resultados

También se ha calculado la homogeneidad a nivel comparativo entre ambos conjuntos con la aplicación de un test chi-cuadrado. El resultado ($X^2 = 144,65$; $p\text{-value} = 8,1e-22$) muestra una diferencia estadísticamente significativa entre la composición taxonómica de cada nivel.

En el conjunto se han contabilizado un mínimo de 24 individuos (NMI), siendo 16 adultos en el momento de la muerte. Équidos y cérvidos presentan el mayor número de individuos. Entre estos se encuentran cuatro individuos inmaduros, dos équidos y dos cérvidos. Un équido ha sido descrito como un individuo senil en el momento de muerte (Tabla 5.2).

NMI	Inmaduro	Adulto	Senil	Indeterminado
<i>Hippopotamus antiquus</i>		1		
<i>Stephanorhinus hundsheimensis</i>		1		
<i>Bison schoetensaki</i>		1		
<i>Equus altidens</i>	2	2	1	
<i>Megacerini</i> sp.		1		
<i>Cervus elaphus</i>		1		
<i>Dama vallonnetensis</i>	1	1		
Cervidae (talla media)	1	2		
<i>Ursus deningeri</i>		1		
<i>Panthera</i> sp. (talla grande)				1
<i>Lynx pardinus</i>		1		
<i>Vulpes</i> sp.		1		
<i>Castor</i> sp.		1		
<i>Oryctolagus</i> sp.		2		
Chelonia				1
Aves				1
Total	4	16	1	3

Tabla 5. 2. NMI de los taxones identificados en La Mina II.1.

En lo referente a los perfiles anatómicos descritos a través del NME, hay una representación de la mayor parte de los elementos esqueléticos entre los cérvidos, con la excepción de vértebras cervicales y torácicas, coxal, metacarpos, tarsos y falanges distales. Los équidos muestran una representación menos diversa a nivel anatómico, con una gran presencia de dientes aislados y con una baja representación del esqueleto axial y apendicular. *Hippopotamus antiquus* presenta dos dientes aislados y una vértebra torácica, mientras que *Stephanorhinus hundsheimensis* está representado por una mandíbula y un húmero. De los bóvidos se observa una mandíbula y tres dientes aislados, una escápula, un húmero y una tibia. La familia Ursidae se encuentra representada por

una mandíbula y un diente aislado, junto a una falange proximal y un hueso articular. Con respecto a los carnívoros, *Panthera* sp., *Lynx pardinus*, *Vulpes* sp., y un carnívoro de tamaño pequeño sin identificar se encuentran representados por la presencia de un diente aislado cada uno. Además, un carnívoro de talla media sin identificar presenta dos costillas. Entre las familias y especies de menor tamaño encontramos un astrágalo de *Castor* sp., y los lepóridos se encuentran representados a través de un diente aislado, dos tibias, tres calcáneos y una falange proximal. También se cuenta con ocho fragmentos de placas en representación de la familia Chelonidae. Respecto a las aves, se encuentran un coracoides y un fémur.

Analizados por tallas de peso, el NISP muestra una mayor representación de las tallas medias (54,1%), seguido de la talla grande (16,3%). La representación por parte de cada una de las tallas pequeña, muy pequeña y muy grande es inferior al 4% en todas las categorías de peso (Tabla 5.3).

TALLAS DE PESO	NISP	%
Talla muy pequeña	20	2,3
Talla pequeña	32	3,7
Talla media	472	54,1
Talla grande	142	16,3
Talla muy grande	13	1,5
Indeterminados	193	22,1
Total	872	100

Tabla 5. 3. NISP por tallas de peso para La Mina II.1.

El mismo patrón se puede observar a través de la cuantificación por elementos anatómicos, donde el mayor NME se relaciona con la talla media (44,2%), seguido de la talla grande (32,6%). Siguiendo la tendencia del NISP, la cuantificación del NME para la talla muy pequeña corresponde al 9,5% del total, un 8,4% para la talla pequeña y un 5,3% para la talla muy grande. Las tallas media y grande cuentan con una representación anatómica de elementos del esqueleto craneal, axial y apendicular. En las tallas pequeña y muy pequeña predomina la representación de elementos apendiculares y de mandíbulas, con una casi inexistente representación del esqueleto apendicular. La talla muy grande se caracteriza por la presencia de dos mandíbulas, una vértebra, una costilla y un húmero (Tabla 5.4).

MNE	Talla muy pequeña	Talla pequeña	Talla media	Talla grande	Talla muy grande	Total
Cráneo			3	4		7
Mandíbula	1	2	6	9	2	20
Vértebra cervical			1	1		2
Vértebra torácica					1	1
Vértebra lumbar			1			1
Vértebra indeterminada				1		1
Costilla		1	2	1	1	5
Coracoides	1					1
Escápula			1	3		4
Húmero		2	3	3	1	9
Radio			2			2
Radio/Ulna			1	1		2
Ulna			1			1
Carpo			1			1
Metacarpo				1		1
Coxal				1		1
Fémur	1		3			4
Tibia	1	1	4	3		9
Astrágalo		1	2			3
Calcaneo	3		2			5
Metatarso		1	2			3
Falange 1	1		2	1		4
Falange 2			2	1		3
Metápodo indeterminado			1			1
Placa	1					1
Articular			2	1		3
Total	9	8	42	31	5	95

Tabla 5. 4. NME por tallas de peso para La Mina II.1

El NMI por tallas de peso, con un número igual al contabilizado taxonómicamente, mantiene la tendencia con una mayor cantidad de individuos de talla media seguido de la talla grande, con ocho y seis individuos respectivamente. Las tallas pequeña y muy pequeña presentan cuatro individuos cada una, mientras que la talla muy grande presenta un total de dos individuos (Tabla 5.5).

MNI	Inmaduro	Adulto	Senil	Indeterminado
Talla muy pequeña		2		2
Talla pequeña	2	2		
Talla media	2	5		1
Talla grande		5	1	
Talla muy grande		2		
Total	4	16	1	3

Tabla 5. 5. NMI por tallas de peso.

Cuando se analizan los perfiles anatómicos a través del %MAU respecto a las tallas de peso, la talla pequeña se encuentra representada principalmente por el húmero y la tibia, con una baja presencia de radio, astrágalo y metatarso. La talla media presenta un perfil anatómico más completo, con presencia de mandíbulas, axis, escápula, costillas, todos los huesos largos salvo el metacarpo, además de contar con presencia de astrágalo, calcáneo y falanges. La talla grande cuenta con representación anatómica que incluye mandíbula, vértebra cervical, escápula, húmero, radio, metacarpo, tibia y primera y segunda falange.

Los huesos largos son los que cuentan con la mayor representación a través del %MAU y NME, siendo los húmeros, fémures, tibias y metápodos los más representados cuando observamos el NISP. Las piezas dentales aisladas se muestran como uno de los especímenes más representados de igual manera. También se cuenta con representación del esqueleto craneal y axial cuando observamos todas las tallas.

5.2. Correlación con índices de densidad mineral

Los estudios de índices de densidad mineral en relación al %MAU han incluido restos de las tallas pequeña, media y grande. La regresión muestra una baja relación entre la muestra conservada y la densidad estructural (Figura 5.2), teniendo en cuenta los diferentes elementos y porciones de los esqueletos.

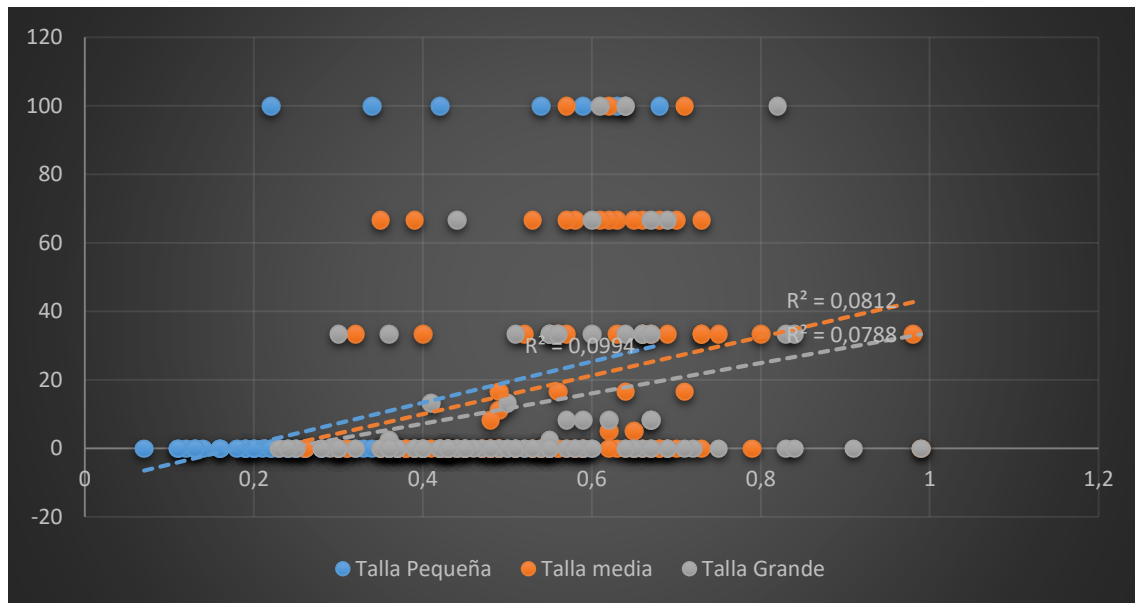


Figura 5. 2. Gráfico de dispersión y líneas de regresión para las tallas pequeña, media y grande.

El test Shapiro-Wilks mostró la distribución no paramétrica de las variables, aplicando posteriormente Kendall's tau para observar la correlación entre variables no paramétricas, positiva aunque moderada y estadísticamente significativa para la talla pequeña ($t = 0,23254$; $p\text{-value} = 0,004$), talla media ($t = 0,29024$; $p\text{-value} = 3,78e-05$) y talla grande ($t = 0,25192$; $p\text{-value} = 0,0005$).

Teniendo en cuenta los criterios expuestos por Marean y Cleghorn (2003) se realizó un segundo análisis de la densidad mineral en el que se excluyeron los elementos de baja supervivencia y se trabajó exclusivamente con huesos largos, mandíbula y cráneo (Figura 5.3). La regresión mostró una baja relación entre la muestra y la densidad mineral. El test Shapiro-Wilks mostró una distribución heterogénea en los tres casos incluidos, y la aplicación del test Kendall's tau ofreció como resultado una correlación positiva débil y no estadísticamente significativa para la talla pequeña ($t = 0,19193$; $p\text{-value} = 0,10485$) y la talla media ($t = 0,15468$; $p\text{-value} = 0,12519$), con la excepción de la talla grande ($t = 0,24885$; $p\text{-value} = 0,017267$). Los dos casos que muestran una relación estadística no significativa se pueden relacionar con un error tipo 2 (Faith y Gordon, 2007) ligado al bajo número de elementos en el conjunto resultante una vez excluidos los elementos de baja supervivencia.

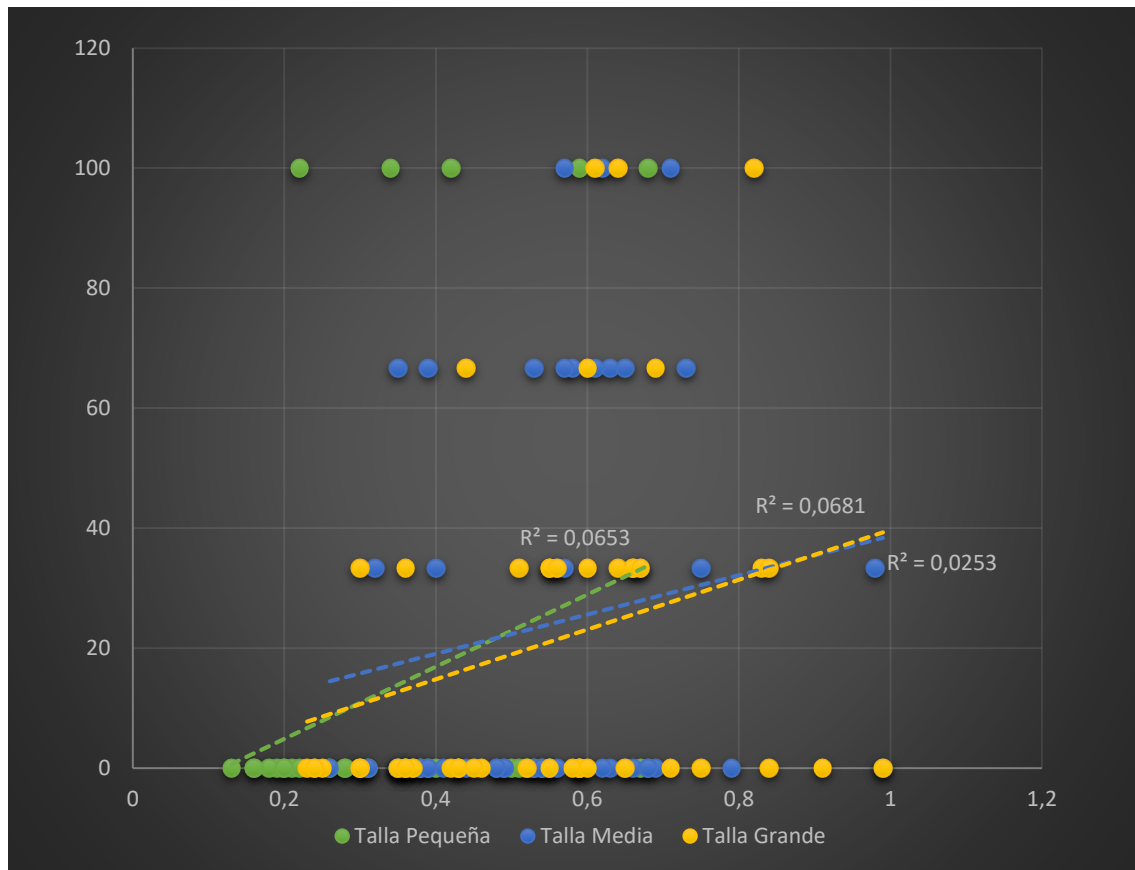


Figura 5. 3. Gráfico de dispersión y líneas de regresión aplicando los criterios de Marean y Cleghorn (2003) para las tallas pequeña, media y grande.

Se puede considerar que ambos resultados, incluyendo y excluyendo elementos de baja supervivencia, son concordantes y revelan que aunque existe una correlación positiva, la destrucción no está estrechamente relacionada, o al menos no exclusivamente, con la densidad mineral de los huesos.

5.3. Fracturación y fragmentación

Entre los especímenes incluidos en el estudio de la fracturación destacan los pertenecientes al intervalo 21-30 mm y los mayores a 50 mm, en concreto de talla media. Se han analizado un total de 210 paños de fractura, destacando en los resultados la presencia de las delineaciones curvas que ascendieron a un 74,3% de la muestra. En los referentes a los ángulos destacan los oblicuos en un 80%, que coexistieron en la mayoría de los casos con superficies suaves, las cuales se encontraron en un 85,2%. Villa y Mahieu (1991) establecen que este tipo de fracturas se relacionan con una fracturación en fresco, mientras que las fracturas en seco mostrarían ángulos rectos con delineaciones transversales respecto al eje sagital de los huesos, observables en la muestra en solo el 1,9% de los casos (Figura 5.4).

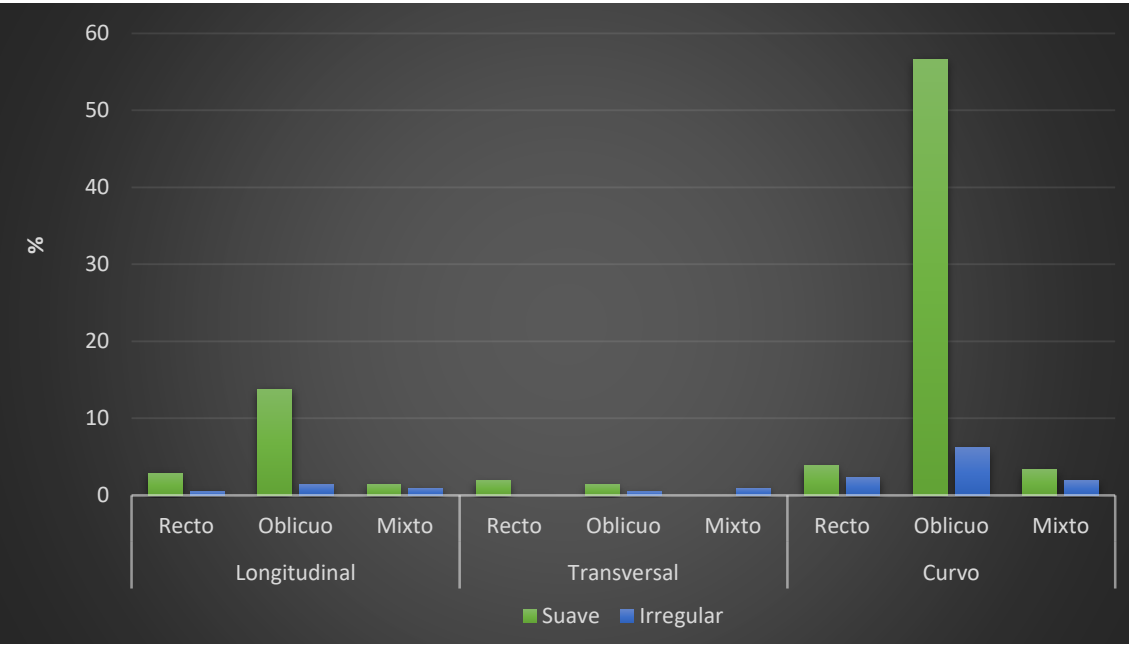


Figura 5. 4. Paños de fractura observados en La Mina II.1. siguiendo la metodología propuesta por Villa y Mahieu (1991).

Respecto al índice de fragmentación de los huesos largos, el 80,5% de los huesos muestran una longitud inferior a 1/4 de la longitud total de la diáfisis y menos de 1/3 de la sección de la misma (longitud 1, sección 1). Dos únicos restos, un húmero completo de *Stephanorhinus hundsheimensis* (Figura 5.5) y un metacarpo de caballo, presentaron la diáfisis completa (Figura 5.6).



Figura 5. 5. Húmero completo de *Stephanorhinus hundsheimensis*

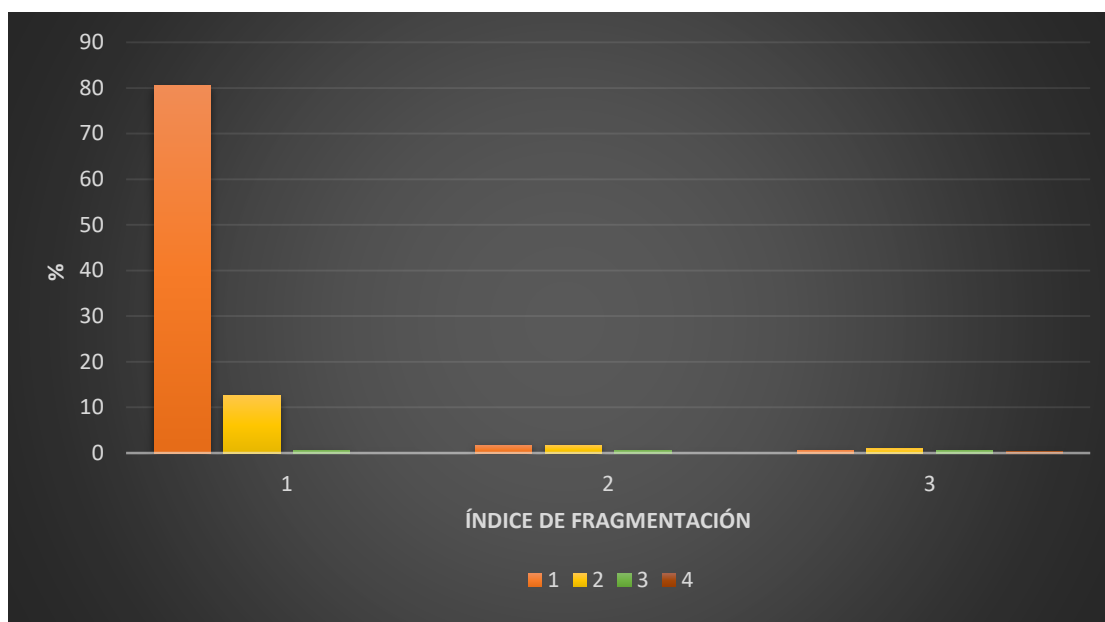


Figura 5. 6. Análisis del índice de fragmentación de los restos. El eje X muestra el índice de conservación de la sección. Los distintos colores muestran el índice de conservación de la longitud.

5.4. Modificaciones producidas por carnívoros

La actividad de carnívoros sobre el conjunto osteológico se ha podido inferir mediante la identificación de mordeduras en 35 restos (4%), distribuidas por elementos de todo el esqueleto, aunque destaca una mayor concentración sobre los elementos del esqueleto apendicular. En términos de talla de peso, las marcas se concentran en las tallas medias y grandes (Tabla 5.6).

	<i>Bison schoetensaki</i>	<i>Equus altidens</i>	Cervidae	T. Grande	T. Media	Indeterminado
Mandíbula		1 (100%)				
Escápula	1 (100%)					
Húmero			2 (18,2%)	1 (50%)		
Radio			2 (18,2%)			
Fémur			2 (18,2%)			
Tibia			2 (18,2%)			
Metatarso					1 (5,9%)	
Metápodo indeterminado			2 (18,2%)			
Costilla			1 (9%)	1 (50%)	1 (5,9%)	
Largo					13 (76,5%)	
Plano					2 (11,7%)	
Indeterminado						3 (100 %)
Total	1 (100%)	1 (100%)	11 (100%)	2 (100%)	17 (100%)	3 (100%)

Tabla 5. 6. Número de elementos esqueléticos por taxón con mordeduras de carnívoros.

Resultados

Un 6,5% (NSP = 24) de los huesos largos del conjunto presentan mordeduras (Figura 5.7). Sobre estos, las depresiones se han localizado en las diáfisis de los mismos, con la excepción de dos casos: la primera se encuentra en la metáfisis distal de un húmero y la segunda en la epífisis distal de un fémur. Los surcos, por otro lado, han sido todos localizados en las diáfisis. Entre los huesos largos con mordeduras, 19 diáfisis entre un total de 20 presentan mordeduras (95%). Solo una metáfisis presenta marcas de carnívoros, entre un total de dos, observándose lo mismo en el caso de las epífisis (50%). El esqueleto axial, por otro lado, presenta mordeduras en un 4,8% de los restos (NSP = 7).



Figura 5. 7. Radio de cérvido con evidencias de mordeduras de carnívoros.

Se han observado un total de 30 depresiones, 50 surcos y una impronta. Un total de cinco depresiones y un surco se localizan en restos con tejido esponjoso, mientras que las demás mordeduras se observan en tejido cortical. La media de la longitud de las depresiones sobre tejido cortical es de 1,89 mm y de la anchura de 1,32 mm (Figura 5.8). La desviación estándar es de 1,34 mm para la longitud y de 0,7 mm para la anchura, con un intervalo de confianza al 95% de 0,53 mm y 0,28 mm respectivamente. El valor máximo corresponde a un total de 6,65 mm de longitud y 3,39 mm en anchura.

Resultados

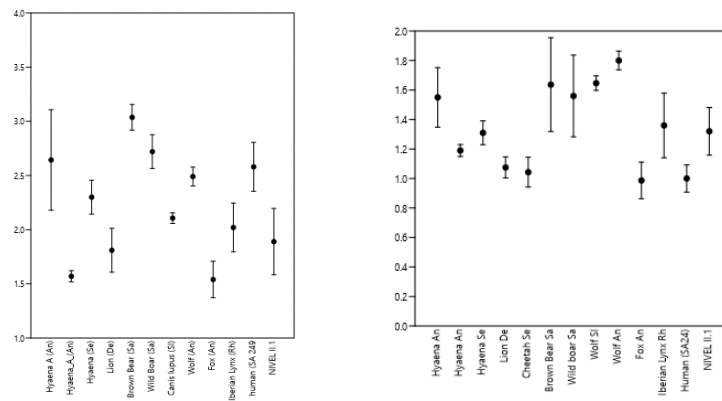


Figura 5. 8. Longitud (izquierda) y anchura (derecha) de las depresiones en comparación con los datos expuestos por Selvaggio (1994a), Saladié (2009), Delaney-Rivera et al. (2009), Andres et al. (2012), Rodríguez-Hidalgo et al. (2013), Saladié et al. (2013), Sala et al. (2014) y Saladié et al. (2024).

Los resultados de la anchura de las depresiones sobre tejido cortical, en comparación con datos relativos a otros carnívoros (Selvaggio, 1994a; Saladié, 2009; Delaney-Rivera et al., 2009; Andres et al., 2012; Rodríguez-Hidalgo et al., 2013; Saladié et al., 2013; Sala et al., 2014; Saladié et al., 2024), serían indicativas de la intervención de, al menos, un carnívoro de talla grande.

Los surcos presentan una media de 0,52 mm, con un valor máximo de 1,45 mm. La desviación estándar es de 0,05 mm con un intervalo de confianza al 95% de 0,014 mm.

Otras modificaciones observadas han sido los cilindros (NSP = 2), correspondientes a un radio y un fémur de cévido. La corrosión por ácidos estomacales se ha observado en tres restos, un largo indeterminado de talla media (22 x 15 x 7 mm), una tibia de un individuo de talla media (67 x 15 x 10 mm) y un astrágalo de cévido (45 x 23 x 12 mm) con un grado moderado de corrosión (Figura 5.9). El tamaño de estos restos nos permite inferir la acción de hiénidos en el conjunto (Tappen y Wrangham, 2000). Finalmente, el *pitting* se ha observado en un metápodo de cévido.

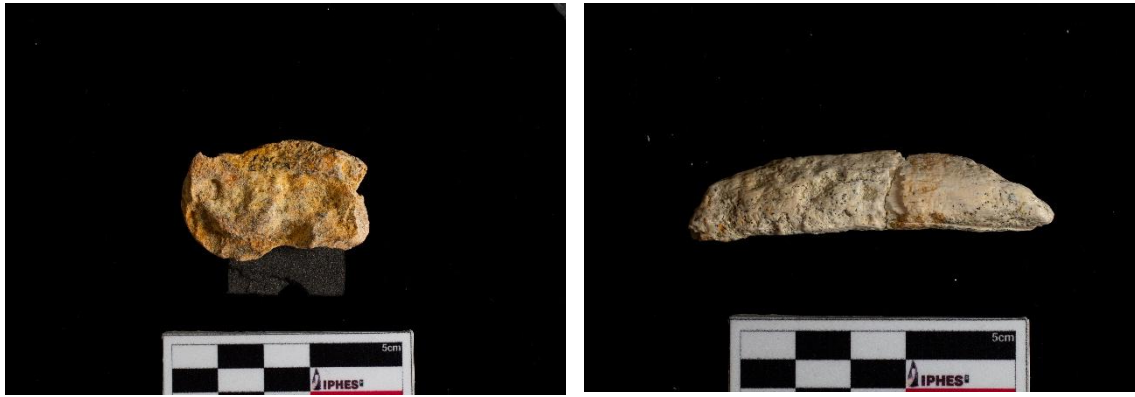


Figura 5. 9. Astrágalo de cérvido (izquierda) y tibia (derecha) de talla media con evidencias de corrosión por ácidos estomacales.

5.5. Modificaciones de origen incierto

En el conjunto existen una serie de especímenes que muestran estrías que han sido caracterizadas como “de origen incierto”. Esto es debido a la falta de criterios de identificación disponibles por la alteración química de las corticales de los huesos relacionada en gran medida con la lixiviación de los elementos solubles del sedimento. Sin embargo, y a pesar de su mala conservación, mantienen una morfología y sección similares a las marcas de corte y una localización y delineación que nos acercan a esta posibilidad.

El nivel II.1 de La Mina ha presentado un total de 33 estrías de origen incierto, encontradas en un total de nueve restos: dos tibias de cérvido, un húmero de caballo, un hueso plano de talla grande y sobre cinco diáfisis de talla media. La disposición de estas estrías se caracteriza por una orientación oblicua o transversal al eje longitudinal del hueso, además de conservar una morfología similar a las observadas en marcas de corte, con una sección en “V” y una delineación recta.

También se han documentado un total de cinco impactos de percusión y un *pseudonotch* sobre un total de seis restos: un fémur, un radio-ulna y un metápodo de cérvido, un fémur de un individuo de talla media y dos huesos largos de talla media. Estos impactos de percusión nos permiten confirmar la acción antrópica sobre al menos parte de las carcasas animales para el aprovechamiento de la médula. Esto amplía el conocimiento de las actividades de merodeo en la zona, ya atestiguada por la abundante industria lítica recuperada (Mosquera et al. 2016; Ollé et al., 2023).

5.6. Análisis de competencia y *ravaging*

La intensidad del *ravaging* ha sido analizada a través de la ratio propuesta por Domínguez-Rodrigo y Organista (2007), en la que se correlaciona la ratio huesos axiales-huesos apendiculares ($= 0,25$) con la ratio (húmero proximal + radio distal) / (húmero distal + radio proximal) ($= 0,33$). Las ratios sitúan La Mina en el estadio 3 propuesto por estos investigadores, o lo que correspondería a una situación de alta competencia entre depredadores (Figura 5.10).

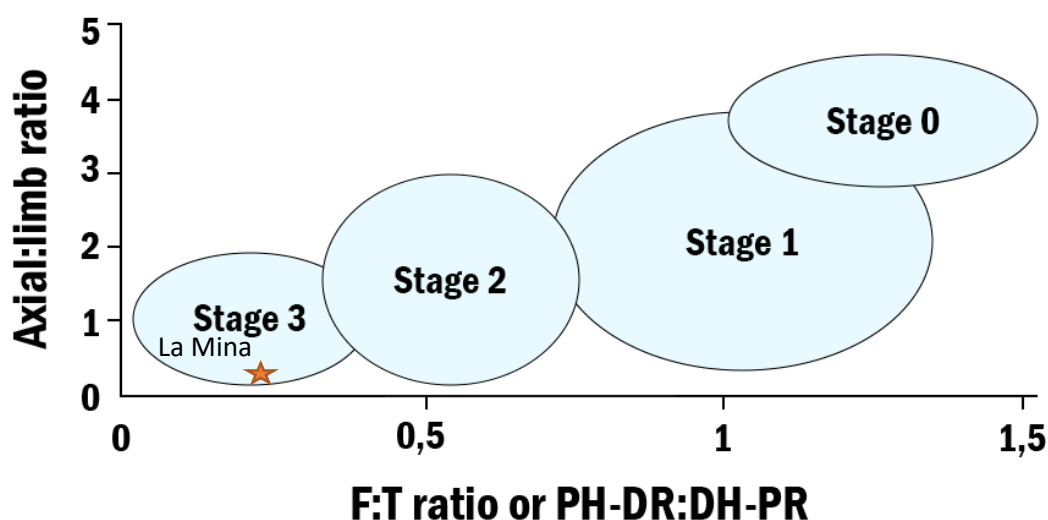


Figura 5. 10. Posición de La Mina II.1. en función del marco teórico expuesto por Domínguez-Rodrigo y Organista (2007).

La ratio epífisis-diáfisis ($= 0,04$) indica una desaparición de epífisis casi completa, que junto con el bajo porcentaje de intervención de carnívoros (9%) sugiere un contexto de alta competencia (Blumenschine y Marean, 1993).

El porcentaje de cambio de las epífisis (Marean y Spencer, 1991; Blumenschine y Marean, 1993; Domínguez-Rodrigo et al. 2002) revela unos valores altos (Tabla 5.7), con una desaparición total de las epífisis en radio-ulnas y una desaparición de más del 80% en húmeros, fémures y tibias. Los metápodos cuentan con una mayor conservación. Estos datos, junto con la baja correlación entre los índices de densidad mineral y los restos óseos conservados, sugieren un contexto de elevada competencia con un consumo intensivo de los restos por parte de los carnívoros (Faith y Behrensmeyer, 2006; Faith et al. 2007).

	T. Pequeña	T. Media	T. Grande	Total
Húmero	75	100	83	86
Radio-Ulna	-	100	100	100
Fémur	-	83,3	-	83,3
Tibia	100	75	83	86
Metápodo	100	83,3	-	91,65
Total	91,66	88,32	88,66	89,39

Tabla 5. 7. Porcentaje de cambio de los huesos largos de La Mina II.1. por tallas de peso.

La ratio huesos axiales-huesos apendiculares (= 0,25) y la ratio epífisis-diáfisis (= 0,04) sugiere un contexto de muy elevada competencia (Egeland, 2008) (Figura 5.11).

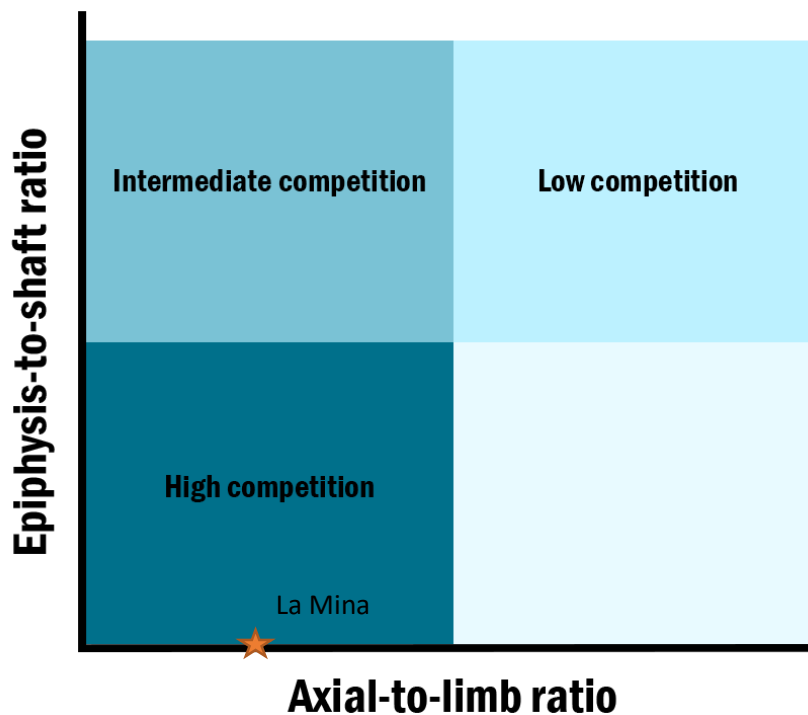


Figura 5. 11. Posición de La Mina II.1. en función de la ratio propuesta por Egeland (2008).

5.7. Modificaciones subaéreas

Las modificaciones subaéreas observadas en el conjunto estudiado corresponden a la meteorización o *weathering*, la abrasión hídrica y el pulido (Tabla 5.8), además del *trampling* o pisoteo.

La meteorización del conjunto ha sido identificada, en su mayoría, de estadio 1 siguiendo los estadios establecidos por Behrensmeyer (1978): un total de 625 restos presentan un estadio 1 de *weathering* (71,7%), mientras que 24 presentan el segundo estadio (2,7%). Solo tres restos han mostrado un estadio superior al segundo (0,3%). Un 25.2% del conjunto (NSP = 220) no ha mostrado signos de meteorización.

La abrasión hídrica también ha sido documentada sobre aproximadamente la mitad de conjunto. Un total de 393 restos (45%) muestran un grado de redondeo 1 según los grados definidos por Cáceres (2002), mientras que el segundo grado ha sido observado en 45 restos (5,2%) y el tercero en seis (0,7%). Un total de 428 restos no presentan redondeo (49,1%). De igual manera, el pulido está ausente en el 73,5% del conjunto (NSP = 641). El 23% presenta un grado bajo de pulido (NSP = 201), un 3,3% muestra un grado intermedio (NSP = 29) y únicamente un resto presenta el grado más avanzado (0,1%).

	Estadio/Grado	NSP	%
Meteorización	W0	220	25,2
	W1	625	71,7
	W2	24	2,7
	W3	3	0,3
Redondeo	R0	428	49,1
	R1	393	45
	R2	45	5,2
	R3	6	0,7
Pulido	P0	641	73,5
	P1	201	23
	P2	29	3,3
	P3	1	0,1

Tabla 5. 8. Modificaciones tafonómicas en función del grado de alteración observadas en La Mina II.1.

El *trampling* ha sido documentado en un total de 26 restos (2,9%), en general en forma de estrías a excepción de un resto con una muesca de *trampling*. Un total de 667 restos presentan oxidación por manganeso (76,4%), la gran mayoría en forma de dendritas (NSP = 648; 97,1%) y con predominio de una disposición dispersa.

5.8. Modificaciones fosildiagenéticas

Las modificaciones fosildiagenéticas observadas en el conjunto corresponden a las vermiculaciones producidas por la acción de raíces, la precipitación de óxido de hierro, la corrosión y disolución química, deformaciones de los huesos y concreciones (Tabla 5.9).

Resultados

Las vermiculaciones han sido identificadas en un total de 66 restos (7,5%), de los cuales 20 presentan vermiculaciones recientes, dispuestas de manera dispersa o generalizada. Las demás vermiculaciones se observan en su mayoría de manera concentrada o dispersa.

Un total de 825 restos presentan precipitación de óxido de hierro (94,6%). Se observa disperso por los restos en la mitad de la muestra (NSP = 403; 48,8%), seguido de una disposición general (NSP = 225; 27,2%). En un número menor de casos se observa concentrado o aislado (Tabla 5. 9).

Los restos también han presentado cúpulas de disolución (NSP = 14; 1,6%), evidencias de corrosión química (NSP = 10; 1,1%), deformaciones (NSP = 2) y concreciones (NSP = 27; 3%) (Tabla 5.9).

Modificación	NSP	%
Vermiculaciones	66	7,6
Roído	1	0,1
Óxido hierro	825	94,6
Disolución	14	1,6
Corrosión química	10	1,1
Deformaciones	2	0,2
Concreciones	27	3,1
Óxido manganeso	667	76,4

Tabla 5. 9. Modificaciones tafonómicas en función de su presencia/ausencia observadas en La Mina II.1.

5.9. Tafonomía espacial

Un total de 1051 restos fueron incluidos en el análisis espacial del nivel II.1 de La Mina, 902 restos de fauna y 149 restos de industria lítica. Los mapas de densidad de Kernel mostraron superposición entre los restos de fauna y de lítica (Figura 5.12).

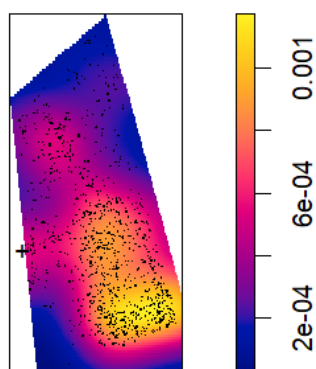


Figura 5. 12. Mapa de densidad Kernel de la fauna y la lítica encontradas en La Mina II.1.

Resultados

El test de Clark-Evans mostró para lítica ($R = 0,84407$; $P\text{-value} = 0,0002713$) y para fauna ($R = 0,71665$; $P\text{-value} = 2,2e-16$) una clara tendencia hacia la agrupación. El test de Hopkins-Skellam sobre aleatoriedad espacial (*Complete Spatial Randomness* o *CSR*) reforzó los resultados anteriores en ambos casos (Tabla 5.10).

	Clark-Evans	<i>P-Value</i>	Hopkins-Skellam	<i>P-Value</i>
Fauna	0,71665	< 2,2e-16	0,089767	< 2,23-16
Lítica	0,84407	= 0,0002713	0,46345	= 5,624e-11

Tabla 5. 10. Test de Clark-Evans y test de Hopkins-Skellam para el análisis de la aleatoriedad espacial de restos de fauna y lítica en La Mina II.1.

Aplicando el test L para distribuciones inhomogéneas, los restos de fauna muestran una tendencia hacia una distribución aleatoria. Respecto a la lítica, a partir de 50 cm muestra una dispersión regular constante (Figura 5.13). Al aplicar la función L inhomogénea cruzada se puede observar una clara tendencia hacia la dispersión regular y una correlación espacial positiva entre los restos a partir de 150 cm (Figura 5.14).

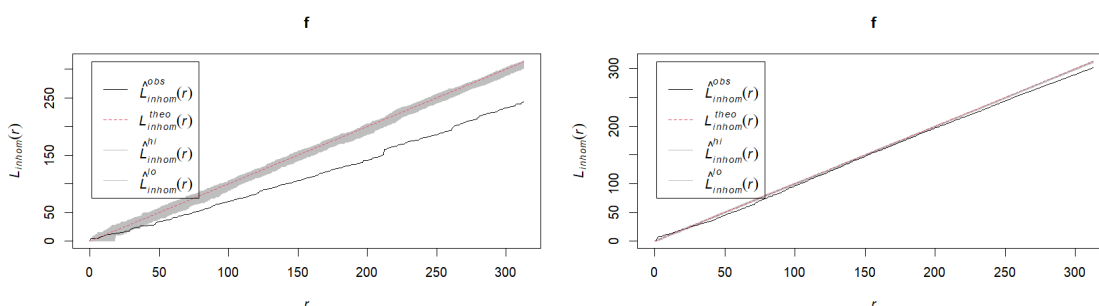


Figura 5. 13. Test inhomogéneo L para los restos de La Mina II.1 de lítica (izquierda) y fauna (derecha).

array of envelopes of Lcross.inhom functions for X.

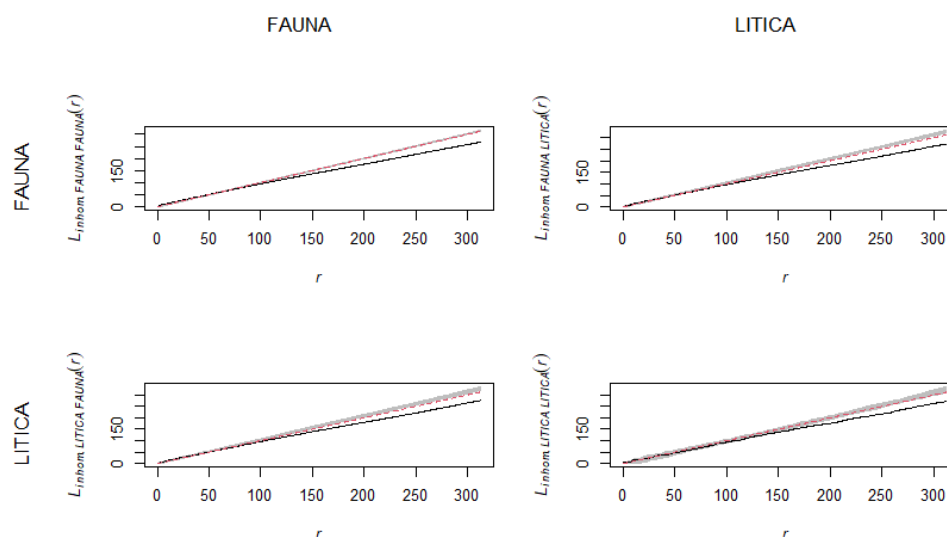


Figura 5. 14. Test inhomogéneo L cruzado para los restos de lítica y de fauna en La Mina II.1.

Un total de 430 restos fueron incluidos en los análisis de transporte hídrico siguiendo el modelo de Voorhies (1969). El 81,9% (NSP = 352) fue clasificado dentro del grupo II (huesos largos). Un 7% (NSP = 30) fueron identificados dentro del grupo I y un 7,4% (NSP = 32) en el grupo III. El resto (3,7%; NSP = 16) fueron clasificados como grupo I y II.

Los análisis de correspondencia incluyeron un total de 511 restos con el objetivo de evaluar el estado del conjunto de La Mina. El conjunto se caracteriza por una presencia mayor de huesos de morfología plana y densos (50,9%; NSP = 260), de acuerdo a la composición y estructura de los mismos, seguido de huesos mixtos y planos (18,4%; NSP = 94) (Figura 5.15; 5.16).

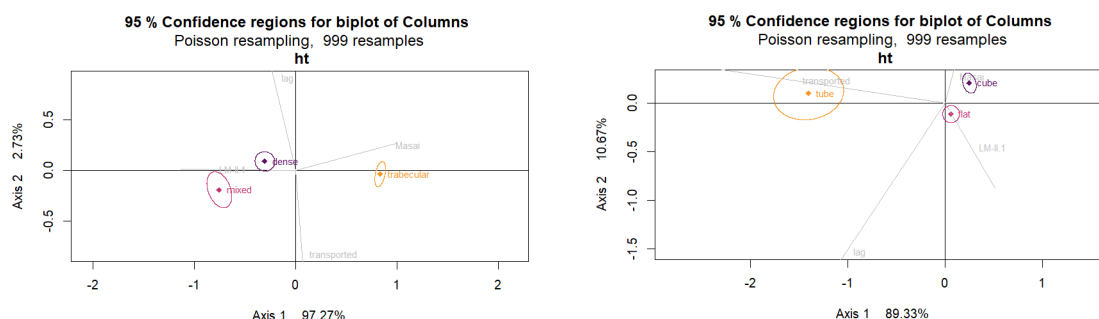


Figura 5. 15. Análisis de correspondencia simple para La Mina II.1, por composición (izquierda) y forma (derecha).

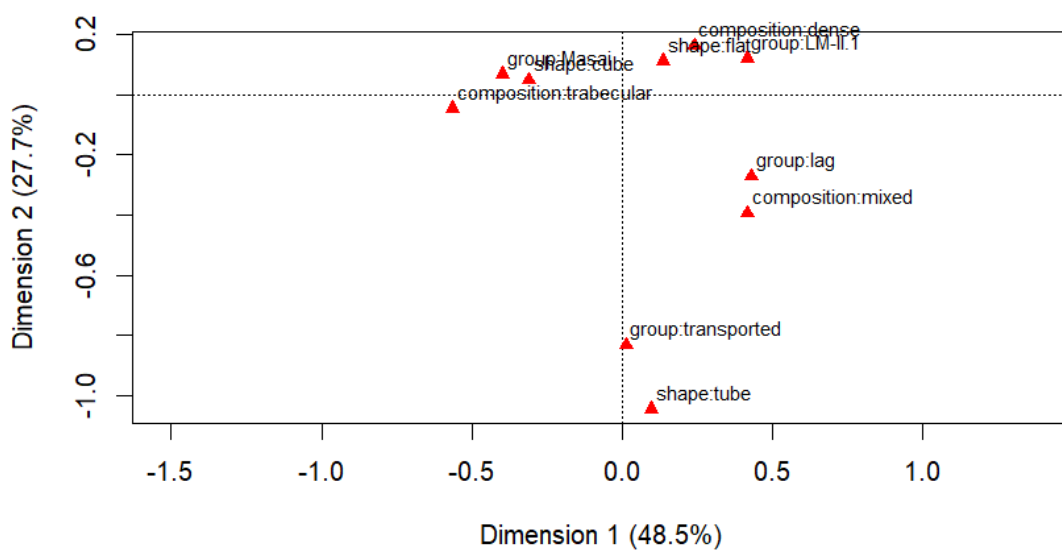


Figura 5. 16. Análisis de correspondencia múltiple para el conjunto de La Mina II.1. en función de la composición y la forma.

Los resultados del análisis espacial muestran una distribución regular con respecto a la lítica y una distribución aleatoria en la fauna que, junto con los análisis de correspondencia y la información tafonómica, nos indica la presencia de un conjunto lavado por flujos de agua de baja intensidad.

6. APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL

6.1. Introducción

Las marcas de corte, entendidas como estrías producidas accidentalmente tras el contacto entre una herramienta cortante y la superficie ósea durante el proceso de carnicería, suponen una evidencia directa del procesado antrópico de carcasas animales y aportan información relacionada con el agente acumulador del conjunto o la secuencia de acceso a dichas carcasas (Binford 1981; Bunn 1981; Potts and Shipman 1981; Shipman 1981; Shipman and Rose 1983a; Blumenschine 1986; 1988; Blumenschine and Selvaggio 1988; Capaldo 1997; 1998; Nilssen 2000). Su identificación se lleva a cabo tras la observación de características propias de dichas marcas, como una sección en “V”, una trayectoria predominantemente recta o la presencia de microestriación interna, entre otras características (Binford 1981; Shipman 1981; Domínguez-Rodrigo et al. 2009a).

La correcta identificación de marcas de corte suele no presentar complicaciones en contextos de buena preservación de las corticales óseas, y pueden ser diferenciables con respecto a otras estrías lineales presentes en los conjuntos óseos prehistóricos, como las marcas de *trampling* (e.g. Olsen y Shipman, 1988). Sin embargo, también pueden mostrar importantes problemas de equifinalidad, dificultando la correcta identificación de marcas de corte. Esto sucede especialmente en aquellos contextos que han estado sometidos a importantes alteraciones bioestratinómicas y/o fosildiagenéticas en las etapas posteriores a la fase nutritiva de las carcasas. Esta problemática ha sido trabajada desde los años ‘80, buscando diferenciar y caracterizar correctamente ambos tipos de estrías y establecer criterios que permitan solventar los problemas de equifinalidad bajo distintos contextos (e.g. Shipman and Rose 1983a; b; Olsen and Shipman 1988; Domínguez-Rodrigo et al. 2009a; Gaudzinski-Windheuser et al., 2010; Pineda et al. 2014; 2019; Sahle et al. 2017). A este problema de equifinalidad se le suman otros factores, como la subjetividad inherente del propio análisis cualitativo y la experiencia del observador, siendo estos dos factores directamente influyentes en los resultados de los propios trabajos (Domínguez-Rodrigo et al. 2010b, 2017, 2019b; Harris et al. 2017; Sahle et al. 2017).

Estas limitaciones han promovido el desarrollo de métodos cuantitativos de análisis con el fin de encontrar un criterio que permita una identificación objetiva de las estrías (Bello and Soligo 2008; Bello et al. 2009, 2013; Maté-González et al. 2015, 2019a, 2023; Harris et al. 2017; Pante et al. 2017; Courtenay et al. 2018, 2019a, c, 2020a; Gümrückçü and

Pante 2018; Otárola-Castillo et al. 2018; Pizarro-Monzo and Domínguez-Rodrigo 2020; Pizarro-Monzo et al. 2022; Pineda et al. 2023). Dentro de este enfoque cuantitativo, la Morfometría Geométrica (GMM) ha resultado una técnica innovadora que ha estado en crecimiento desde las primeras aproximaciones realizadas por Maté-González et al. (2015), basándose en el modelo previo de Bello y Soligo (2008), y que se ha refinado con trabajos posteriores con el fin de reducir la subjetividad y el error (e.g. Valtierra et al., 2020). El desarrollo de la metodología aplicada a las marcas de corte se ha basado en trabajos experimentales controlados focalizados en la diferenciación de materias primas utilizadas o tipos de herramientas (e.g. Yravedra et al. 2017; Moclán et al., 2018; Courtenay et al., 2019b) o en la diferenciación con respecto a otras estrías (Courtenay et al., 2019c; 2020a). La aplicación de GMM también ha permitido llevar a cabo proyectos experimentales estadísticos para caracterizar la evolución morfológica de las marcas de corte bajo alteración mecánica (Pineda et al., 2023) y alteración química (Rodríguez de la Fuente et al., 2024). Estos proyectos renunciaron al realismo en aras de desarrollar un estudio morfológico y morfométrico detallado. Se utilizaron cuchillos metálicos para obtener marcas claras que sobreviviesen a la alteración, permitiendo así el análisis de la evolución morfológica. Hasta la fecha no se han realizado aproximaciones realistas y directas de la Morfometría Geométrica al registro arqueológico para tratar problemas de equifinalidad e identificación respecto a estrías en contextos de alteración.

Tanto La Mina como Cala 1 presentan estrías de origen incierto relacionadas tanto con alteración mecánica como química. Se han realizado aproximaciones cualitativas a esta problemática, consiguiendo confirmar algunas estrías alteradas mecánicamente como marcas de corte (Pineda et al., 2019) pero no obteniendo resultados para la alteración química (Pineda et al., 2014). La problemática, llegando a día de hoy, no permite identificar adecuadamente una gran parte de las estrías observadas en este conjunto arqueológico. En este trabajo se propone llevar a cabo la primera analogía entre una muestra experimental y una muestra arqueológica para estrías alteradas mediante GMM, con el fin de identificar una serie de estrías de origen incierto encontradas en el registro arqueológico del Barranc de la Boella y permitir su clasificación.

6.2. Materiales y métodos

6.2.1. Materiales Experimentales

La primera fase del experimento se realizó sobre la carcasa de un macho adulto de *Cervus elaphus*, del que se aprovecharon las dos extremidades posteriores. Este ejemplar procedía de la reserva natural de Boumort, ubicada en el prepirineo catalán (Lleida, Cataluña, España). El animal se obtuvo debido a las tareas de descaste de los guardas de la nombrada reserva y siguiendo las norma éticas para la realización de estas tareas. Para el descarnado y desarticulado de ambas patas se utilizaron cuatro lascas de sílex procedente del entorno del Barranc de la Boella, trabajadas por un tallador experto.

El cuerpo del ciervo se obtuvo completo y fue desollado por dos carniceros experimentados utilizando dos lascas simples de sílex diferentes (SFBC-06 y SFBC-07). Durante este proceso se documentó contacto entre las lascas y los metatarsos.

La extremidad (derecha) fue descarnada y desarticulada por un carnicero inexperto mientras que la otra (izquierda) por una carnicera experimentada. Ambos carniceros son diestros y realizaron el descarnado completo de las extremidades en un total de dos horas, utilizando dos lascas de sílex respectivamente (SFBC-04 y SFBC-05) (Figura 6.1). Contacto entre las herramientas y los huesos fueron documentados en los fémures, tibias y metatarsos, tanto en la epífisis como en la diáfisis, así como en los huesos articulares.

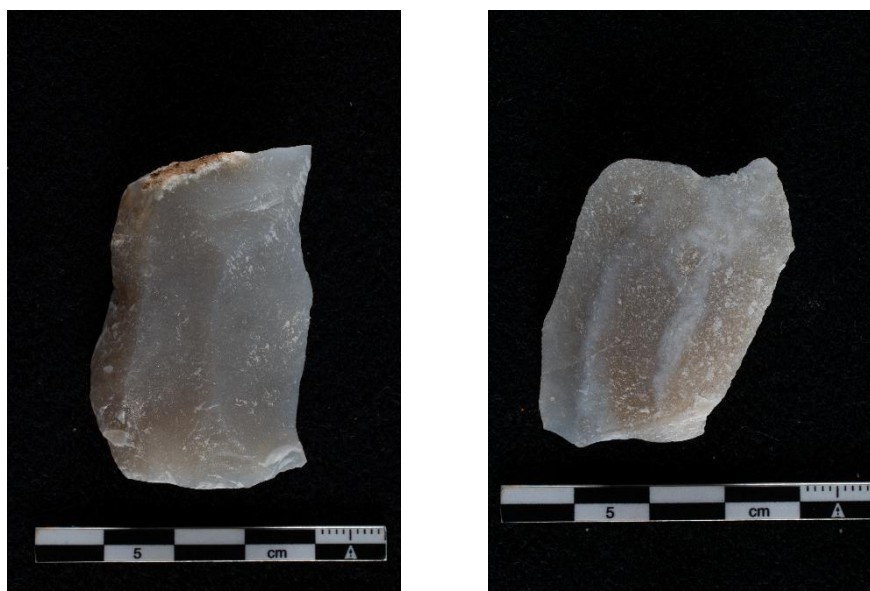


Figura 6. 1. SFBC-04 (izquierda) y SFBC-05 (derecha).

Tras finalizar esa fase del proceso experimental, los huesos fueron trasladados a las instalaciones del IPHES-CERCA (Tarragona, España). Los huesos se hirvieron durante 12 horas para eliminar el exceso de carne y grasa. Se llevó a cabo un análisis macroscópico con lupa binocular para diferenciar entre tipos de estrías antrópicas, observando un total de 168 incisiones en los huesos (Anexo, tabla 1), realizando un dibujo esquemático de los huesos y de las marcas para contabilizar y localizar todas las estrías.

En la extremidad derecha se observaron 100 incisiones (cuatro en la rótula, ocho en el calcáneo, cuatro en el astrágalo, siete en el metatarso, 18 en la tibia y 59 en el fémur), y en la extremidad izquierda se identificaron 68 incisiones (dos en el calcáneo, tres en el astrágalo, tres en el escafo-cuboides, cinco en el metatarso, 31 en la tibia y 24 en el fémur). Se realizaron dos puntos de referencia artificiales mediante una aguja en los laterales de cada marca de corte, previamente a la alteración y digitalización, con el fin de obtener el mismo perfil en las diferentes fases para observar las diferencias morfológicas (Figura 6.2).



Figura 6. 2. F0-PRL-FEM-CM-76 (izquierda) y F2-PLL-AST-CM-103 (derecha). Puntos de referencia realizados con una aguja para digitalizar el mismo perfil tras cada fase.

6.2.2. Materiales arqueológicos

Las muestras arqueológicas proceden de El Barranc de la Boella, en concreto del nivel II.1 de La Mina por ser el foco de estudio de esta tesis de Master. En la muestra se

observaron un total de 33 marcas de origen incierto entre nueve fragmentos óseos. Dos fragmentos corresponden a dos tibias de cérvido y uno a un húmero de équido (Figura 6.3). Cinco de los fragmentos restantes han sido identificados como fragmentos de diáfisis de huesos largos. El noveno ha sido identificado como un fragmento de hueso plano de un animal de talla grande.



Figura 6. 3. BB14-LM-II-1-S16-1. Húmero de équido con estría de origen incierto.

6.2.3. Métodos

Los huesos experimentales fueron expuestos a alteración química sumergiéndolos en una solución de agua destilada y ácido clorhídrico al 5%, siguiendo los experimentos previos relacionados con este tipo de alteración (Pineda et al., 2014; Rodríguez de la Fuente et al., 2024). El ácido y la solución se eligieron por la capacidad de alterar las marcas de corte a la vez que permitían su supervivencia a lo largo del proceso experimental, permitiendo observar la pérdida de rasgos diagnósticos, posibilitando el estudio y caracterización de la evolución de las marcas a través de las diferentes fases de alteración. Cada hueso fue alterado durante cinco segundos en cada fase, por un total de dos fases.

Los perfiles de las marcas de corte experimentales se obtuvieron antes de la alteración y después de cada fase. Tanto experimentales como arqueológicos, los perfiles se adquirieron utilizando el Microscopio Digital 3D HIROX KH- 8700 con una lente de triple objetivo MXG-5000 REZ ubicado en el *Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social* (IPHES-CERCA, Tarragona, España). El HIROX está equipado con una fuente de luz LED de alta intensidad situada por encima del objeto en estudio, que

combina las condiciones de iluminación perpendicular coaxial y anular sin filtros polarizados (Courtenay et al., 2019c). A continuación, se realizaron reconstrucciones digitales de las secciones transversales de las marcas de corte con un aumento de 140x y un objetivo de rango medio. Se obtuvo la misma sección de cada marca de corte después de cada fase. Se tomaron imágenes de cada marca de corte en cada ciclo con un aumento de 50× utilizando lentes de rango bajo, con el fin de controlar la evolución de las marcas de corte a lo largo de las diferentes fases de alteración química. El proceso de digitalización duró entre cinco y diez minutos por marca, obteniéndose los perfiles en formato «.jpg». Durante este proceso, el perfil de una marca de corte experimental (CM38) nunca fue observable por el HIROX, posiblemente debido a la extrema superficialidad de la marca, por lo que fue descartada.

Todas las marcas experimentales y arqueológicas se analizaron utilizando el modelo 2D de 7-*landmarks* (Courtenay et al. 2019c), basado en análisis previos descritos por Bello y Soligo (2008) y Boschín y Crezzini (2012) y modificado por diferentes autores (Maté-Gonzalez et al., 2015; Courtenay et al. 2019c; 2020b). El modelo localiza tres *landmarks* de tipo II (LM1: Hombro izquierdo; LM4: Base de la marca; LM7: Hombro derecho) y cuatro *semilandmarks*, dos en cada pared. Durante el proceso de posicionamiento de los *landmarks*, un total de tres marcas de corte experimentales (CM44, CM46 y CM47) fueron descartadas debido a un problema en la fase de digitalización que imposibilitó correlacionar adecuadamente las diferentes fases de alteración de las mismas marcas de corte debido a la inversión de los hombros.

Las coordenadas de los *landmarks* ofrecen siete medidas con las que trabajar, tres de ellas relacionadas con la anchura de la incisión (WIS, por sus siglas en inglés de *Width of the Incision in the Surface*: en la superficie; WIM: en la mitad; WIB: en la base), dos relacionadas con los hombros (LDC o *Left Depth Convergence*: profundidad izquierda de la incisión convergente; RDC o *Right Depth Convergence*: Profundidad derecha de la incisión convergente), una sobre la profundidad de la incisión (D) y otra sobre el ángulo de apertura (OA). La variable OA fue convertida a datos lineales debido a los problemas que presentan los datos circulares para realizar análisis estadísticos multivariantes. Esta conversión a OA lineal (OAlin) se realiza mediante la suma de $\cos(\theta) + \sin(\theta)$ (Courtenay et al., 2021).

Las coordenadas se obtuvieron utilizando el software de programación *R* (v. 4.4.2), obteniendo archivos «.txt» y transformando estos posteriormente a archivos «.tps». A continuación, los archivos se cargaron en el software gratuito «*TPS File Measurement Software*» (Courtenay et al. 2021), generando dos nuevos archivos de datos, el primero con las medidas anteriormente descritas y el segundo con los datos morfológicos. Ambos archivos se utilizaron para realizar el análisis métrico y el análisis GMM en el lenguaje de programación *R* (v. 4.4.2).

6.2.3.1. Análisis Métrico

Se realizaron estadísticas univariantes y multivariantes para evaluar la relación entre las mediciones obtenidas. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks para observar la normalidad o no normalidad de cada variable. La normalidad circular se calculó para los datos circulares mediante la aplicación de la prueba de *Simetría Reflexiva Robusta* (Pewsey 2002). Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) o la prueba de Kruskal-Wallis para distribuciones homogéneas y heterogéneas, respectivamente, a fin de evaluar las diferencias entre las muestras. Para las distribuciones, se obtuvieron estadísticas descriptivas utilizando métricas tradicionales o robustas (Höhle y Höhle 2009; Rodríguez-Martín et al. 2019; Courtenay et al. 2020c, 2021), incluyendo valores máximos y mínimos, medidas de tendencia central y desviación. La media y la desviación estándar se calcularon para distribuciones homogéneas, mientras que la mediana y la desviación media absoluta (MAD) se calcularon para las no gaussianas.

La estadística multivariante incluyó el Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA), para comprobar diferencias importantes durante el proceso experimental, y un Análisis de Componentes Principales (PCA) para visualizar la distribución métrica de los datos. Para la prueba MANOVA se aplicó el test estadístico Hotelling-Lawley o la prueba Wilk's Lambda para distribuciones homogéneas y heterogéneas respectivamente (Courtenay et al. 2020a).

6.2.3.2. Análisis GMM

La estandarización de los valores de coordenadas de los *landmarks* se ha llevado a cabo para eliminar los efectos de orientación, posición y tamaño de los datos, realizándose mediante “*Generalised Procrustes Fit*” (Rohlf 1999; Slice 2001). A continuación se aplicó un PCA para observar posibles diferencias de forma. Tras identificar los PC

relevantes, se analizaron desde una perspectiva multivariante o univariante en función del número de PCScores importantes, realizando pruebas MANOVA o ANOVA/Kruskal-Wallis, respectivamente. Por último, se realizaron tests de Distancia de Procrustes para observar diferencias estadísticas notables de la muestra.

6.3. Resultados

6.3.1. Análisis Métrico

El test Shapiro-Wilks mostró una tendencia general hacia una distribución heterogénea ($p < 0,003$). Todas las medidas obtenidas contaron con una distribución no gaussiana para las marcas experimentales en sus distintas fases, mientras que las marcas arqueológicas mostraron una distribución homogénea para las medidas WIS, WIM, WIB y OALIN ($p > 0,003$) (Anexo, tabla 2).

La tabla 6.1 resume a continuación los datos obtenidos de la estadística descriptiva (máximo, mínimo, valor central y desviación) de las medidas para cada fase experimental y para las marcas arqueológicas.

		Fase 0	Fase 1	Fase 2	BB
WIS	Max	993,927	1034,216	1023,676	814,515
	Central	327,099	312,879	295,823	400,535
	Desviación	114,304	127,074	107,015	185,599
	Min	143,852	162,753	137,646	184,076
WIM	Max	648,632	692,238	703,875	541,964
	Central	219,798	209,859	199,185	267,909
	Desviación	77,472	84,063	73,082	123,912
	Min	97,998	110,486	92,336	124,083
WIB	Max	328,057	353,363	345,948	271,972
	Central	112,652	106,955	103,296	134,973
	Desviación	39,009	40,484	36,681	61,987
	Min	50,495	58,262	47,246	64,153
RDC	Max	720,542	748,926	727,129	474,237
	Central	167,613	155,548	156,097	152,467

	Desviación	77,792	66,854	66,721	101,275
	Min	55,978	43,002	50,784	62,922
LDC	Max	671,425	725,681	656,965	542,839
	Central	169,48	166,985	156,247	195,974
	Desviación	76,459	73,954	61,497	89,962
	Min	50,409	57,757	60,426	114,835
D	Max	487,119	434,068	444,153	171,053
	Central	42,725	40,03	38,256	31,951
	Desviación	25,618	31,779	29,021	23,844
	Min	6,403	5,459	3,928	5,3
OALIN	Max	1,209	1,214	1,186	0,566
	Central	-0,326	-0,358	-0,393	-0,427
	Desviación	0,352	0,37	0,359	0,335
	Min	-0,836	-0,898	-0,897	-0,877

Tabla 6. 1. Estadística descriptiva para las medidas de cada fase experimental y de la muestra arqueológica. **Negrita implica una distribución no gaussiana.** La media y la desviación 93stándar fueron calculadas para los datos con distribución normal. La mediana y la desviación media absoluta fueron calculadas para las distribuciones no gaussianas.

El test Kruskal-Wallis no mostró ninguna diferenciación estadística al aplicarlo a las distintas medidas obtenidas ($p\text{-value} > 0,003$) (Tabla 6.2).

	KRUSKAL-WALLIS	P-VALUE
WIS	6,562	0,087
WIM	6,312	0,097
WIB	5,281	0,152
RDC	4,543	0,208
LDC	7,104	0,068
D	2,699	0,44
OALIN	5,788	0,122

Tabla 6. 2. Test de Kruskal-Wallis. **Negrita implica significancia estadística.**

La aplicación del test MANOVA mostró una diferenciación estadística entre las marcas arqueológicas y las distintas fases de alteración de las marcas experimentales (p-value = 0,001; para los tres casos) (Tabla 6.3). En cambio, no se ha observado una diferenciación a nivel estadístico entre las distintas fases de alteración experimentales (p-value > 0,003). Esta misma situación también es ligeramente observable en el PCA métrico (Figura 6.4).

	BB	FASE 0	FASE 1
FASE 0	0,001	-	-
FASE 1	0,001	0,300	-
FASE 2	0,001	0,016	0,156

Tabla 6. 3. Test MANOVA. *Negrita implica significancia estadística.*

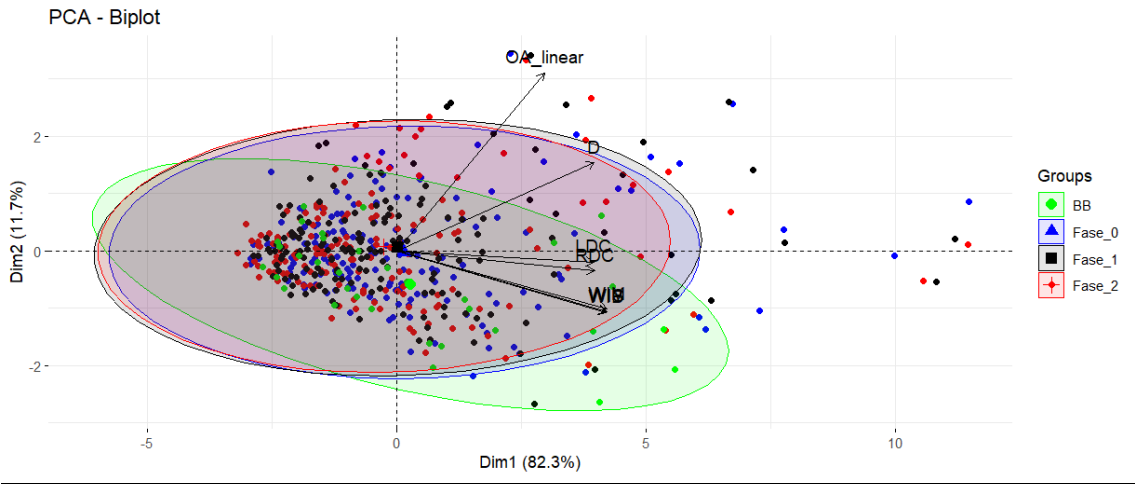


Figura 6. 4. PCA métrico para las distintas fases de alteración experimental y la muestra arqueológica.

6.3.2. Morfometría Geométrica

El test MANOVA aplicado a la Morfometría Geométrica no mostró ninguna diferenciación estadística entre las fases experimentales y la población arqueológica (Tabla 6.4).

	BB	FASE 0	FASE 1
Fase 0	0,3	-	-
Fase 1	0,38	0,38	-
Fase 2	0,3	0,33	0,3

Tabla 6. 4. Test MANOVA aplicado para comparar fases de alteración y muestra arqueológica a nivel morfométrico. *Negrita implica significancia estadística.*

El test de Distancia de Procrustes tampoco mostró ninguna diferencia estadística, ni entre fases de alteración experimentales ni tampoco respecto a la muestra del Barranc de la Boella (Tabla 6.5).

	BB	FASE 0	FASE 1
FASE 0	0,01	-	-
FASE 1	0,01	0,995	-
FASE 2	0,06	0,105	0,174

Tabla 6. 5. Test de Distancia de Procrustes aplicado para comparar diferencias entre fases de alteración y la muestra arqueológica. **Negrita implica significancia estadística.**

El PCA para la Morfometría Geométrica mostró un total de 14 *PC Scores*, alcanzando el 99% de la varianza en el sexto componente. Las tres fases experimentales, junto con la muestra arqueológica, mostraron un solapamiento completo, no observándose ninguna diferenciación morfológica entre cada grupo (Figura 6.5).

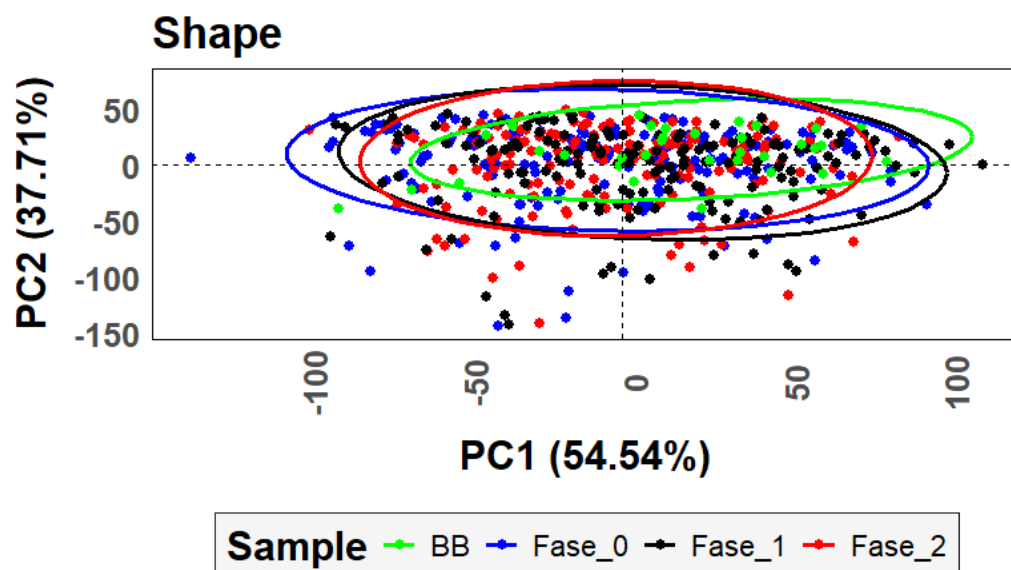


Figura 6. 5. PCA para la distribución de los datos obtenidos mediante Morfometría Geométrica.

7. DISCUSIÓN

El yacimiento arqueopaleontológico del Barranc de la Boella, enmarcado en el Pleistoceno inferior final (0,96 – 0,79 Ma.) (Lozano-Fernández et al., 2013; Vallverdú et al., 2014) se ha convertido en la última década en uno de los conjuntos claves para estudiar las primeras ocupaciones humanas del oeste europeo, en general, y de la Península Ibérica, en particular. Una de las singularidades del Barranc de la Boella se debe al hallazgo de las evidencias más antiguas de herramientas con tecno-tipología Achelense en Europa, identificado en un primer momento por el hallazgo de dos piezas de grandes formatos (LCT, por las siglas en inglés de “*Large cutting tools*”) (Vallverdú et al., 2014; Mosquera et al., 2016). Tras casi dos décadas de trabajo de campo, estas evidencias se han consolidado no solo por la recuperación de un total de 28 LCT (Ollé et al., 2023), sino también por otras evidencias en la cadena operativa, observando comportamientos y diferencias en las secuencias de reducción que distancian la lítica recuperada en el Barranc de la Boella de las características típicas de la tecnología del Modo 1 (Ollé et al., 2023; Lombao et al., 2024). Estos hallazgos, por lo tanto, han permitido adelantar la llegada del Achelense en Europa occidental, que previamente y a partir de yacimientos arqueológicos como Notarchirico (Italia) o La Noira (Francia) se situaba en torno al MIS17 (Moncel et al., 2016; 2020). Aun siendo la industria lítica uno de los elementos más destacados del Barranc de la Boella, debido además a su excelente conservación, el estudio tafonómico y zooarqueológico de los restos faunísticos y el contexto sedimentario también permite interpretar los modos de vida relacionados con la estrategia de subsistencia, la movilidad en este tipo de contextos y la interacción con las comunidades animales de estos grupos, así como una reconstrucción paleoecológica de las áreas de adquisición de recursos.

El Barranc de la Boella ha sido descrito como un contexto fluvio-deltaico que muestra un mosaico ecológico complejo en el que se pueden observar taxones animales y vegetales de hábitats diversos. Estos incluyen taxones animales de contextos acuáticos como *Mimomys savini* (Lozano-Fernández et al., 2013), *Castor* sp. (Madurell-Malapeira et al., 2019) o *Hippopotamus antiquus* (Fidalgo et al., 2023b); taxones propios de espacios abiertos como *Mammuthus meridionalis* o el género *Equus* (Vallverdú et al., 2014; Madurell-Malapeira et al., 2019; Fidalgo et al., en revisión); y taxones que habitan bosques de ribera como *Macaca sylvanus* (Fidalgo et al., 2023a) o *Sus strozzi* (Madurell-

Malapeira et al., 2019). Entre los taxones vegetales se han identificado mediante estudios palinológicos taxones como *Pinus* sp., *Quercus ilex-coccifera* o hierba salvaje como gramíneas (Poaceae), Asteraceae y *Asphodelus* (Pineda et al., 2017a), consolidando la idea de un espacio abierto o semi-abierto con posibles bosques de ribera de tipo mediterráneo cercanos. Este tipo de paisaje habría constituido un entorno altamente favorable para las comunidades animales y humanas que lo habitaron, al proporcionar una amplia disponibilidad de recursos esenciales para su subsistencia, tales como agua potable, materias primas de origen vegetal y animal, así como recursos líticos disponibles para la elaboración de herramientas (Vallverdú et al., 2014; Pineda et al., 2017b).

Hasta el momento se han excavado tres localidades en el Barranc de la Boella, con distintas interpretaciones en torno al rol de los homínidos: Cala 1 presenta dos niveles superpuestos con proboscideos, siendo el nivel II.2 identificado como un *butchering site*, es decir, como un evento concreto de aprovechamiento de una carcasa de *Mammuthus meridionalis* (Leakey, 1971). Sin embargo El Forn, del que se excavaron 40 metros cuadrados y en estos momentos ya no se excava, y La Mina muestran patrones en los que el rol homínido en la modificación y acumulación del conjunto faunístico no parece estar probado, aunque su tránsito por la zona es patente a través de la presencia de industria lítica. Los estudios tafonómicos de estas dos localidades ya han sido abordados con anterioridad. El estudio del nivel II.2 de La Mina y los análisis de los perfiles esqueléticos permitieron describir un escenario de alta competencia, en el que carnívoros y homínidos compartirían el paisaje en la búsqueda de recursos (Pineda et al., 2015; 2017b). En trabajos previos, el nivel II.1 de La Mina no pudo ser estudiado en profundidad, ya que se había excavado un área pequeña y los restos faunísticos recuperados eran escasos. Debido a la ampliación de la superficie excavada y a un conjunto mayor de restos en el presente, este estudio ha tenido como foco principal el nivel II.1.

Los resultados obtenidos para este nivel a partir de los índices de Simpson y Shannon evidencian una diversidad específica moderada, en línea con el nivel II.2 (Pineda et al., 2015), mientras que el test de equidad de Pielou señala una uniformidad muy baja. Por otro lado, la comparación de la composición taxonómica con el nivel II.2 mediante un test chi-cuadrado refleja diferencias estadísticamente significativas en cuanto al listado taxonómico. Las principales diferencias observadas se focalizan en la falta de representación de algunos taxones como *Macaca sylvanus*, *Mammuthus meridionalis* o *Canis* cf. *mosbachensis* en el nivel II.1., o *Stephanorhinus hundsheimensis* y *Castor* sp.

en el nivel II.2. No obstante y a excepción de estas diferencias, la diversidad taxonómica general sigue siendo moderada y la lista taxonómica de ambos conjuntos es, en gran medida, similar. Durante la formación del nivel II.1 de la Mina, el Barranc de la Boella parece representar a una riqueza paleoecológica parecida, mostrándose como un paisaje atractivo para comunidades homínidas forrajeadoras y otros grupos faunísticos.

A pesar de contar con las evidencias líticas y con los restos de fauna, las evidencias de procesamiento animal son muy limitadas en el Barranc de la Boella (Pineda et al., 2014; 2015; 2017b; 2019; Mosquera et al., 2015). La materia prima utilizada en la fabricación de herramientas líticas es de procedencia local (< 5km) (Lombao et al., 2024). El aprovechamiento de recursos cárnicos está atestiguado en Cala 1, a escasos 300 m de La Mina, donde el *butchering site* se describe a partir de la presencia de elementos anatómicos de un mismo individuo adulto que presentan evidencias de actividades de carnicería como posibles marcas de corte (Pineda et al., 2019), industria lítica que muestra huellas de uso para el descarnado y evidencias de talla *in situ* (Mosquera et al., 2015). Recientemente, la interpretación del conjunto como un evento único de procesamiento de un mamut se ha visto reforzada tras el estudio espacial de los diferentes restos, obteniendo como resultado una asociación espacial positiva entre la industria lítica y los restos del proboscideo (Fidalgo et al., en revisión).

En La Mina y El Forn, por el contrario, no se han hallado evidencias tan claras de procesamiento de carcasas animales. Estas están limitadas a un total de cinco evidencias de fracturación en huesos largos para el nivel II.1 de La Mina (este trabajo), otras cuatro marcas de fracturación en el nivel II.2 y otras dos evidencias en el nivel III.1 de El Forn (Pineda et al., 2017b). Las marcas de corte, siendo las evidencias que mayor información aportan sobre el procesamiento antrópico, no están presentes en estos conjuntos, lo que ligado a la baja presencia de fracturación antrópica no permite hacer inferencias sobre el posible rol homínido como agentes acumuladores y/o modificadores de estos conjuntos.

Mientras que en ambientes sedimentarios cerrados, como las cuevas, las superficies óseas y las modificaciones en las mismas (o BSM por sus siglas en inglés: *bone surface modifications*) tienden a presentar una mejor conservación por una mayor estabilidad de las condiciones ambientales como la temperatura o la humedad (Capaldo, 1998) y no estar completamente expuestos a procesos de alteración (Brain, 1981), los restos óseos depositados en contextos al aire libre tienden a estar más expuestos a estos procesos. Bajo

condiciones variables y, en ocasiones en las que la preservación de las superficies óseas es mala, la información que se puede extraer de estas modificaciones es mucho más limitada (Pineda y Saladié, 2022). Estos problemas de conservación en yacimientos al aire libre se documentan en todos los conjuntos excavados hasta el momento en el Barranc de la Boella y han representado una limitación de cara a la identificación de BSM y las subsecuentes interpretaciones comportamentales. Dentro de este grupo encontramos las ya mencionadas marcas de corte, que bajo un proceso de alteración de corticales pueden resultar difíciles de distinguir de otras estrías superficiales de los huesos no relacionadas con el procesado de las carcasas, como las estrías producidas por *trampling* (e.g. Behrensmeyer et al., 1986; Domínguez-Rodrigo et al., 2009a; Pineda et al., 2014).

Debido a las dificultades que plantea una correcta identificación de BSM en contextos alterados, se ha desarrollado una línea de investigación centrada específicamente en la correcta identificación y caracterización de marcas de corte alteradas aplicadas al registro del Barranc de la Boella. Esta línea ha utilizado herramientas cualitativas (Pineda et al., 2014; 2019), mostrando cómo las alteraciones químicas, relacionadas en el Barranc de la Boella con la lixiviación de elementos solubles del sedimento principalmente, y mecánica, provocada por la acción directa de un agente sobre las superficies, como es el caso del agua y las partículas sedimentarias que transporta, llegan a eliminar los elementos diagnósticos propios de las marcas de corte (Pineda et al., 2014; 2019). Más recientemente, los trabajos desarrollados con herramientas cuantitativas, concretamente con Morfometría Geométrica (GMM), han pretendido ir más allá, comprendiendo la evolución de las marcas bajo estos procesos de alteración (Pineda et al., 2023; Rodríguez de la Fuente et al., 2024). La aplicación de esta técnica ha permitido entender el efecto de ambos procesos sobre la morfología de las marcas de corte, derivando en marcas más abiertas y menos profundas en el caso de la alteración mecánica (Pineda et al., 2023) y marcas más estrechas y también de menor profundidad bajo alteración química (Rodríguez de la Fuente et al., 2024). Considerando el contexto del Barranc de la Boella, estas alteraciones han impedido llevar a cabo una identificación precisa de las marcas de origen incierto hasta la fecha. Se ha explorado paralelamente una segunda vía de estudio enfocada en el análisis de la relación espacial entre los restos del conjunto osteológico y de industria, siguiendo el mismo proceso que ha sido aplicado recientemente para Cala 1 y que ha demostrado su utilidad (Fidalgo et al., en revisión).

Ante esta problemática se han barajado dos posibles hipótesis: la primera defiende que, bajo el supuesto de que grupos homínidos hubieran procesado parte de las carcasas animales y hubieran producido marcas de corte, estas no se han preservado o no son fielmente identificables. La segunda hipótesis plantea la no explotación de recursos animales en el entorno del Barranc de la Boella y establece el foco en el tránsito de homínidos por los espacios fluvio-lacustres del paleodelta del río Francolí y unas actividades de forrajeo no necesariamente relacionadas con la explotación de recursos animales (Pineda et al., 2017b; Pineda y Saladié, 2022).

En este contexto cabe señalar que en el conjunto procedente del nivel II.1 se han identificado 33 estrías de origen incierto. Estas modificaciones se encuentran sobre ocho huesos largos y un hueso plano. Entre los huesos largos, las estrías se localizan en las diáfisis, con una disposición oblicua respecto a la superficie de los huesos y mantienen una sección en “V” al ser observadas mediante lupa binocular. Esta disposición y localización de estrías suele ser propia de las marcas de corte (Binford, 1981). Sin embargo, la ausencia de otros criterios diagnósticos típicos (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a) no permite asegurar su origen antrópico, pudiendo ser marcas de corte alteradas químicamente, en la línea de lo descrito y propuesto para modificaciones similares en el conjunto del nivel II.2 (Pineda et al., 2014). Para intentar confirmar o descartar su origen antrópico, estas han sido comparadas con 164 marcas de corte de origen experimental, alteradas químicamente para intentar emular y replicar los efectos de la lixiviación que se documentan en el registro óseo de La Mina.

Esto ha supuesto el primer intento de aplicar GMM con marcas de cortes alteradas experimentalmente, buscando realizar una aproximación realista al registro arqueológico. Sin embargo, los resultados han mostrado una dificultad mayor de cara a su aplicación directa. La Morfometría Geométrica, aplicada a problemáticas tafonómicas, ha demostrado ser útil en la realización de trabajos experimentales sin proyección directa al registro arqueológico que se desligan del realismo pero que mantienen los conceptos de precisión y generalidad, siguiendo lo expuesto por Levins (1968), como se realizó en los trabajos previos a través de la alteración de marcas de corte en contextos poco realistas reproducidas con cuchillos modernos (Pineda et al., 2023; Rodríguez de la Fuente et al., 2024). Además, también ha dado resultados en contextos más actuales comparando marcas experimentales realizadas con distintas materias primas con marcas arqueológicas (Maté-González et al., 2023). Sin embargo, actualmente es necesario avanzar en la

aplicación de dicha metodología a nuestra disciplina. Este experimento ha buscado superar esa barrera y llevar la GMM a un contexto de alteración, comparando datos experimentales sin renunciar al realismo para su aplicación al registro arqueológico del nivel II.1 de La Mina. Los resultados han mostrado cómo, al intentar establecer esta analogía directa, las marcas de corte experimentales alteradas y no alteradas y las marcas arqueológicas de origen incierto son prácticamente indistinguibles entre sí. Es cierto que, a nivel métrico, el test MANOVA sí mostró una distinción estadística significativa entre las marcas arqueológicas y las marcas de corte experimentales, independientemente de su estadio de alteración. Sin embargo, mediante los análisis de GMM no se ha observado ninguna diferenciación estadística. Los PCA, con los datos métricos y de GMM, han mostrado un solapamiento completo entre las distribuciones de estos grupos. Estos resultados han impedido tanto la clasificación como el descarte de las estrías de origen incierto como marcas de corte. Este hecho expone el valor de la metodología de análisis tradicional cuando se estudian contextos arqueológicos alterados, la cual permite realizar una aproximación al tipo de estría que está bajo estudio.

Aun así, el acceso a recursos de origen animal sí está atestiguado en el nivel II.1, ya que, como se ha mencionado previamente, se han observado cinco impactos de percusión en huesos largos de talla media. Estas evidencias se relacionan con el acceso a la médula y, por lo tanto, el aprovechamiento de parte de los recursos animales. Algunos autores consideran la presencia de fracturación sin presencia de marcas de corte como una evidencia de carroñeo de carcasas abandonadas tras un intenso consumo por parte de los carnívoros, ya que el contenido medular puede llegar a ser el único recurso disponible tras la intervención de estos (Selvaggio, 1994b). Esta línea de pensamiento podría encajar con las evidencias observadas en La Mina II.1, donde los impactos de percusión, aun siendo escasos, están presentes mientras que las incisiones antrópicas no han sido identificadas. Sin embargo, la presencia de marcas de corte no se puede desestimar debido a la propia alteración de las estrías. Tampoco se cuenta con señales de interacción entre homínidos y carnívoros en las propias carcasas. Además, poblaciones en la Península Ibérica en cronologías similares han desarrollado estrategias de acceso primario e inmediato a carcasas animales, como sucede en el nivel TD6 (e.g. Saladié et al., 2011). Debido a esta información, aunque las prácticas carroñeras no se desestiman tampoco se puede obviar la posibilidad de una estrategia relacionada con la caza.

Los análisis tafonómicos tradicionales respecto al nivel II.1 han sugerido una influencia leve de flujos de agua con predominancia de un grado bajo de redondeo. Los análisis basados en la forma y estructura de los restos muestran una predominancia de las formas planas y estructuras densas y mixtas, características propias de un conjunto ligeramente lavado por flujos de agua (Domínguez-Rodrigo et al., 2018; 2019a). Los análisis espaciales mostraron una tendencia de la fauna hacia una dispersión aleatoria, mientras que la industria lítica ha seguido una tendencia agrupacional. Los restos de fauna se encontrarían influenciados por corrientes de agua de baja intensidad, que provocan grados bajos de abrasión, como los observados en el nivel II.1, y tienden a dispersar los restos (Schick, 1987; Rogers and Kidwell, 2007). La industria lítica, por otro lado, tiende a mantener una agrupación espacial. Petraglia y Potts (1994) observaron que el peso es la característica que más influye en la distribución espacial de los restos líticos cuando están afectados por corrientes de agua, de manera que en un contexto de corrientes de baja intensidad la lítica conservaría una mayor asociación espacial, como sucede en el nivel II.1. El patrón de formación de este nivel sigue siendo el observado hasta ahora, con una presencia homínida atestiguada a través de la industria lítica recuperada pero que no presenta una relación espacial con el registro osteológico. Además, el bajo grado de *weathering* documentado podría ser indicativo de un rápido enterramiento (Behrensmeyer, 1978), aunque el proceso de meteorización no depende únicamente del tiempo de exposición ni tampoco se produce de manera exclusiva en la superficie (Lyman y Fox, 1989). También cabe tener en cuenta que Behrensmeyer (1978) desarrolla su investigación en Kenia, mientras que sus resultados se extrapolan a distintos ambientes que difieren de la sabana africana. Como ya se ha mencionado previamente, la aplicación de estos test de análisis espacial al registro del nivel II.2 de la Cala 1 demuestra su capacidad para establecer correlaciones positivas y apoyar la asociación espacial entre la lítica y la fauna encontrada en al menos uno de los conjuntos que forman el registro del Barranc de la Boella (Fidalgo et al., en revisión). Mosquera et al. (2015) establecen unos grados de redondeo y pulido para el conjunto óseo de Cala 1 menores al 2% y los relacionan con los procesos de lixiviación y no con corrientes de baja energía. En la misma línea, a través del análisis espacial se confirma la nula influencia de estas corrientes en el nivel II.2 de la Cala 1.

La presencia de carnívoros en el nivel II.1 está atestiguada tanto a nivel taxonómico como a nivel tafonómico. Por un lado, se cuenta con restos de los géneros *Ursus*, *Panthera*,

Lynx y *Vulpes*. A nivel tafonómico se han observado la presencia de surcos y depresiones, además de cilindros, corrosión por digestión y *pitting*. El total de restos con evidencias de modificación por carnívoros es de un 4%, lo cual no corresponde con una acumulación por carnívoros (Brain, 1981; Cruz-Uribe, 1991) y podría sugerir un acceso secundario por parte de estos (Capaldo, 1995). Sin embargo, la localización de las mordeduras se documenta en las diáfisis de los huesos y no en las epífisis. La comparación de la anchura de las depresiones sobre tejido cortical demuestra la intervención de, al menos, un carnívoro de talla grande (Selvaggio, 1994a; Saladié, 2009; Delaney-Rivera et al., 2009; Andres et al., 2012; Rodríguez-Hidalgo et al., 2013; Saladié et al., 2013; Sala et al., 2014; Saladié et al., 2024), sin descartar la intervención de carnívoros pequeños, cuyas señales podrían quedar enmascaradas debido a la capacidad de grandes carnívoros de dejar marcas de pequeño tamaño (Delaney-Rivera et al., 2009). Aunque no se cuenta con elementos anatómicos de hienas, la abundante presencia de coprolitos en el nivel II.1 ($n = 192$) es indicativa de su presencia en la zona durante la formación del conjunto. La recuperación de varios restos óseos de más de cuatro centímetros de tamaño que muestran un grado moderado de corrosión por ácidos estomacales también permite inferir la acción de hienas en el conjunto (Tappen y Wrangham, 2000), al menos como agentes modificadores. El alto ratio de desaparición de epífisis (ratio epífisis – diáfisis = 0,04) también sugiere la actividad de un carnívoro machacador de huesos (Blumenschine y Marean, 1993).

Los bajos porcentajes de actividad de carnívoros y homínidos, junto con la ausencia de signos de interacción de ambos agentes sobre las mismas carcasas, podría ser tomado como testimonio de la actividad de merodeo de ambos agentes en el nivel II.1, en línea con lo planteado hasta ahora para el conjunto de La Mina (Pineda et al., 2015; 2017b).

Se han comparado el nivel II.1 y II.2 de La Mina y los niveles de El Forn (III.1, II.2, II.3 y II.4) en base a los análisis de las ratios anatómicas y de las porciones esqueléticas (Tabla 7.1) con el objetivo de observar la relación entre los distintos niveles estudiados hasta ahora con el nivel II.1. Los resultados sugieren un contexto de consumo intensivo de recursos animales y de muy alta competencia, mayor incluso que el visto previamente. Estos ratios han sido aplicados en un análisis *Clustering* jerárquico (Figura 7.1), mostrando la continuación de la tendencia ya observada por Pineda et al. (2017b).

	GREEN FRACTURES	DRY FRACTURES	FRAGMENTATION 1:1	COMPLETE OR NREAR SHAFTS	ANTHROPIC FRACTURES	STONE TOOLS:BONES RATIO	NISP CARNIVORE DMG	EP-SHAFT RATIOS	%CHANGE	AXIAL: LIMB RATIO	HP+RD:HD+RP RATIO
LM II.1	119	1	276	2	5	0,17	41	0,04	89,39	0,25	0,33
LM II.2	218	44	122	7	4	0,14	53	0,11	83	0,16	2
EF1	83	9	36	4	2	0,04	8	0,21	73,5	0	0,75
EF2	31	19	40	1	0	0,37	4	0,2	71,6	0,33	1
EF3	47	18	25	1	0	0,16	12	0,24	56,2	0,23	2
EF4	15	75	8	12	0	0,03	28	0,25	60	0,4	0,75

Tabla 7. 1. Ratios anatómicos y porciones esqueléticas aplicados en la comparación de los niveles de La Mina y El Forn. Datos obtenidos de Pineda et al. (2017b) y Pineda (comunicación personal).

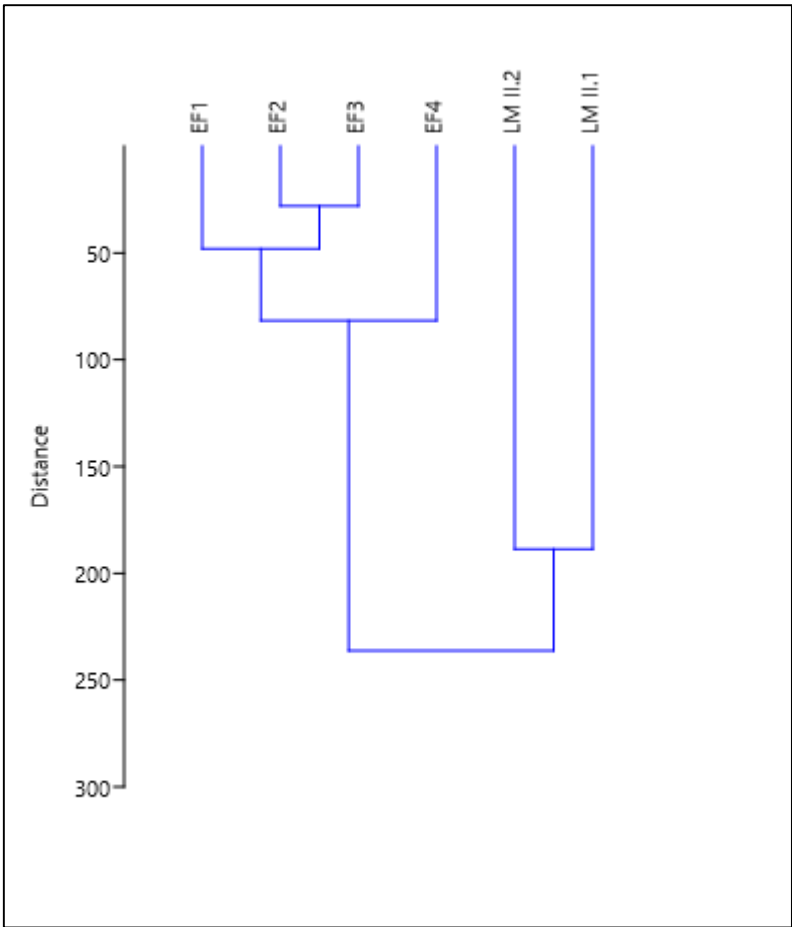


Figura 7. 1. Análisis clustering jerárquico de la distribución de La Mina (II.1 y II.2) y El Forn (III.1 a II.4). Ratios utilizados presentes en la Tabla 1.

El análisis *clustering* aplicado a los yacimientos del Barranc de la Boella muestra una asociación entre los dos niveles de La Mina, por un lado, y del conjunto de niveles de El Forn, por el otro. Esta asociación se atribuye a las diferencias encontradas entre la cantidad de fracturas en fresco y la ratio de fragmentación 1:1, el porcentaje de cambio o la presencia de intervención de carnívoros, con valores más elevados en La Mina en todos

los casos. Aun habiendo mayor similitud entre los propios niveles de La Mina que entre estos y los estudiados en El Forn, también se observa una importante diferencia entre ambos niveles, separándose pronto dentro del análisis *clustering*.

El nivel II.1 de La Mina ha sido comparado también, además de con los niveles arqueológicos anteriores, con otros yacimientos utilizando los valores aportados para el yacimiento de TD6.2 (Saladié et al., 2014) y los yacimientos de Olduvai (Domínguez-Rodrigo et al., 2007; Egeland, 2008; Egeland and Domínguez-Rodrigo, 2008) (Tabla 7.2) (Figura 7.2) con el objetivo de realizar un Análisis de Correspondencia que diferencie los distintos conjuntos arqueológicos en función de las distintas ratios disponibles.

	ANTHROPIC FRACTURES	STONE TOOLS:BONES RATIO	NISP CARNIVORE DMG	EP- SHAFT RATIOS	AXIAL: LIMB RATIO	HP+RD:HD+RP RATIO
LM II.1	5	0,17	41	0,04	0,25	0,33
LM II.2	4	0,14	53	0,11	0,16	2
EF1	2	0,04	8	0,21	0	0,75
EF2	0	0,37	4	0,2	0,33	1
EF3	0	0,16	12	0,24	0,23	2
EF4	0	0,03	28	0,25	0,4	0,75
TD6.2	53	0,13	16	0,05	0,28	0,44
FLKNN 2	0	0	53	0,88	0,24	0,23
FLKNN 3	0	0,03	62	0,37	1	0,54
FLKN 1-2	12	0,51	510	0,46	0,35	0,31
FLKN 3	0	0,17	182	0,58	0,63	0,13
FLKN 4	0	0,09	65	0,89	0,36	0,22
FLKN 5	0	0,08	118	0,6	0,36	0,24
FLKN 6	0	0,21	8	4,8	1,4	0,83
FLK 15	0	0,04	33	0,34	0,14	0,18
FLK 22	109	0,06	61	0,1	0,8	0,3
FC West	0	12,23	3	0,23	0,33	0
TK LF	0	29,06	0	0,14	0,4	0
BK	83	2,91	49	0,14	0,31	0,26

Tabla 7. 2. Ratios aplicados para la posterior realización del Análisis de Correspondencia. Datos de Boella obtenidos de Pineda et al. (2017b) y Pineda (2018). Datos de TD6.2 obtenidos de Saladié et al. (2014). Datos de Olduvai Bed I y II obtenidos de Domínguez-Rodrigo et al. (2007), Egeland (2008) y Egeland y Domínguez-Rodrigo (2008).

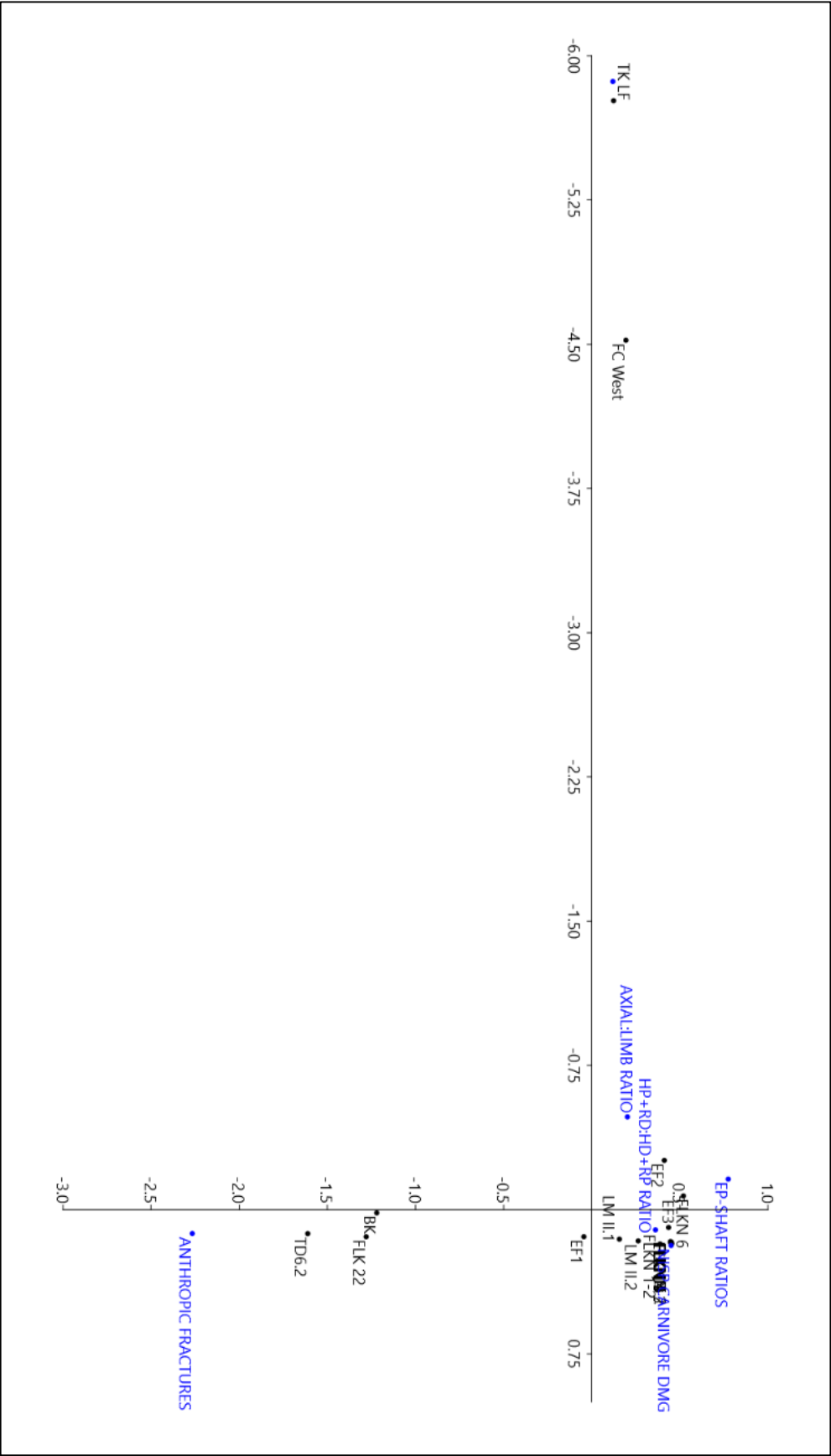


Figura 7. 2. Análisis de Correspondencia aplicado a La Mina II.1 en comparación con LM II.2, El Forn (III.1-II.4), TD6.2 y yacimientos de Olduvai Gorge. Ratios utilizados presentes en la Tabla 2.

El Análisis de Correspondencia muestra tres claros grupos. El primero de estos corresponde al grupo de yacimientos interpretados como campamentos base, los cuales son TD6.2, FLK 22 y BK (Domínguez-Rodrigo et al., 2009b; 2010; Saladié et al., 2011; 2021), caracterizados según el análisis por la presencia de fracturación antrópica y, por tanto, por el rol principal de los homínidos en la formación de estos conjuntos. Un segundo grupo correspondería a los yacimientos de TK LF y FC West, caracterizados por un elevado ratio de herramientas líticas - huesos. El tercer grupo está formado por el resto de yacimientos de Olduvai Gorge y por los distintos niveles incluidos del Barranc de la Boella, influenciados por ratios relacionados con la actividad de carnívoros. El Análisis de Correspondencia muestra grupos divididos en función del agente acumulador, infiriendo que los carnívoros son los principales agentes acumuladores en el tercer grupo, aunque en el caso de La Mina no es posible realizar tal afirmación por el bajo ratio de evidencias con el que se cuenta.

Egeland (2014) ya trató las dificultades para comparar niveles de competencia en conjuntos con diferentes niveles de ocupación en los cuales no se puede determinar el grado de actividad homínida. La Mina II.1, al igual que ocurre en el nivel II.2, podría incluirse en este grupo, siendo un palimpsesto espacial siguiendo la definición de Bailey (2007), es decir, corresponde a un conjunto formado por diferentes eventos que podrían, o no, estar relacionados entre sí y cuya posible relación no es determinable debido a la falta de control temporal. Aun así, los homínidos en La Mina se encontrarían en un contexto de elevada competencia, entendiendo esta como una interacción entre individuos por un mismo recurso (Begon et al., 2006). La interacción puede ser directa, cuando los individuos interactúan por el mismo recurso al mismo tiempo, o indirecta si la interacción es progresiva en el tiempo (Faith y Behrensmeier, 2006). En La Mina esta interacción se propone de manera indirecta, debido a la falta de evidencias de interacción entre depredadores por las mismas carcasas. La competencia y la presión entre estos conllevan a la adaptabilidad de los homínidos al entorno y un alto nivel de control del mismo (Egeland, 2008), además de mostrar un paisaje rico en recursos que resulta atractivo para todas las comunidades de depredadores que encontramos en el conjunto. Esta adaptación promueve, entre otras, el desarrollo de estrategias cinegéticas, como es observable en la Sierra de Atapuerca en el nivel TD6 de la Gran Dolina, utilizado como refugio y campamento base en el que se desarrollarían actividades de carnicería en un momento de elevada competencia, reduciendo el nivel de competencia con otros depredadores y el

riesgo en el entorno (Saladié et al., 2014). Sin embargo, en yacimientos al aire libre las estrategias de obtención de recursos de origen animal no siempre se pueden inferir claramente. Estas estrategias pueden variar desde la caza hasta distintos tipos de carroñeo. El carroñeo distingue distintas estrategias, como el carroñeo pasivo no confrontacional, aprovechando presas abandonadas ya descarnadas pero que aún mantienen intacta la parte esquelética e incluso pueden presentar parches de carne (e.g. Blumenschine, 1985; 1987; Cavallo y Blumenschine, 1989); y el carroñeo de confrontación, en el cual los homínidos confrontarían a los carnívoros para obtener presas recién cazadas, conformando un modelo activo, en contraposición al modelo pasivo anterior, que conlleva un acceso secundario (robo) e inmediato (presa completa) (Bunn y Ezzo, 1993). Bunn y Ezzo (1993) establecen así un modelo que referencia el tipo (primario o secundario), tiempo (inmediato o tardío) y modo (activo o pasivo) de acceso a las presas.

La práctica carroñera se ha propuesto como una estrategia de obtención de recursos cárnicos que permite, a nivel discursivo, diluir las dificultades de ligar a los homínidos del Pleistoceno inferior con una estrategia de caza activa. La mayoría de especies animales consumidoras de carne, sean predominantemente cazadoras o carroñeras, llevan a cabo un modelo mixto de obtención de recursos cárnicos (e.g. Kruuk, 1972; Schaller, 1972). Las actividades cinegéticas, sean oportunistas o especializadas, se describen a través de un acceso primario, inmediato y activo. Mientras que no siempre es posible inferir el modo de acceso a través del registro arqueológico, el tipo de acceso, al igual que el tiempo, puede observarse a través del estudio de la representación anatómica y de las marcas tafonómicas. La presencia de marcas antrópicas y de carnívoros, el porcentaje de estas por elemento anatómico y la localización de las mismas (e.g. Domínguez-Rodrigo, 1997), junto con la presencia o ausencia de marcas de evisceración (Nilssen, 2000) y, en algunos casos, el solapamiento entre marcas de carnívoros y marcas de corte antrópicas (Saladié et al., 2011) nos permiten identificar el tipo y tiempo de acceso al recurso. Esto ha permitido estudiar algunos conjuntos con buena conservación, defendiendo la caza como una estrategia habitual a partir de hace, como mínimo, 1.8 Ma. en la Garganta de Olduvai (e.g. Domínguez-Rodrigo, 1997; Domínguez-Rodrigo et al., 2002; Domínguez-Rodrigo y Barba, 2006), al igual que el nivel TD6.2 (Gran Dolina) ha permitido inferir un acceso primario e inmediato a las carcasses animales de pequeño y mediano tamaño y, al menos, a una carcassa de un individuo de gran tamaño (Saladié et al., 2011).

En La Mina, nivel II.1, los estudios acerca de la forma de acceso a recursos cárnicos están limitados por la mala conservación de las superficies óseas y de las modificaciones tafonómicas, imposibilitando llevar a cabo inferencias sobre la relación entre los homínidos y estos recursos, mientras que el acceso a los mismos se confirma con la presencia de impactos de percusión. Esta mala conservación está ligada a los procesos bioestratigráficos y postdeposicionales observados en el yacimiento, como la lixiviación de los elementos solubles del sedimento, y no tanto a otros factores como la densidad de los restos, la cual ha demostrado no estar relacionada con la presencia o ausencia de estos. Los problemas de identificación de estrías de origen incierto, afectadas por estas alteraciones, no han podido ser resueltos debido a que la aplicación de Morfometría Geométrica ha ofrecido unos resultados no óptimos para superar dicha problemática.

La representación esquelética, por otro lado, ha permitido reconstruir algunos aspectos de la autoecología humana, entendida como la relación entre los homínidos y el ambiente que habitan, incluyendo la relación con las comunidades animales presentes. En un contexto de elevada competencia, como se observa en el nivel II.1, el acceso antrópico a carcasas supondría un alto grado de control del entorno y los recursos que se encuentran en el mismo por parte de estas poblaciones (Egeland, 2008), continuando la línea de lo expuesto por trabajos previos sobre la misma localidad (Pineda et al., 2015; 2017b). En referencia a la obtención de recursos cárnicos, esta podría estar sucediendo a través de estrategias carroñeras ligadas al forrajeo, al igual que mediante caza oportunista, ya que no se pueden desestimar ninguna de las opciones con los datos obtenidos. Otros yacimientos del Pleistoceno inferior en la Península Ibérica han relacionado el control del territorio con un acceso primario e inmediato a carcasas, como en Gran Dolina y Sima del Elefante (e.g. Saladié et al., 2011; Huguet et al., 2013; 2017), mientras que en otros casos se ha considerado el acceso de tipo secundario, como en Fuente Nueva 3 y Barranco León (e.g. Espigares et al., 2013; 2019).

Las alteraciones producidas por carnívoros, junto con los ratios de desaparición de epífisis, sugieren la presencia de carnívoros machacadores de huesos en este contexto, caracterizado como altamente competitivo. Además, el acceso a recursos cárnicos por parte de los depredadores ha sido considerado de tipo secundario por la frecuencia de marcas tafonómicas, además de contar con una baja influencia en la acumulación del conjunto.

En relación a la distribución espacial de los restos existen ciertas discordancias. Por un lado, los resultados mostraron una superposición entre los restos de fauna y de lítica, mientras que por otro lado se observa una tendencia hacia la no agrupación por parte de los restos de fauna, aunque con una distribución regular en la industria lítica. Esta discordancia ha permitido relacionar el conjunto resultante con un conjunto afectado por los flujos de corrientes de agua, apoyado además por los estudios tafonómicos tradicionales, asentados en la presencia de modificaciones de la superficie de los huesos, y por los resultados del estudio de la composición y estructura de los restos. Estas corrientes, de baja energía, han influido en la dispersión de los restos del conjunto osteológico mientras que no se observa esta influencia respecto a la distribución espacial del conjunto lítico.

El nivel II.1 de La Mina, en una línea similar a lo observado previamente en el nivel II.2 por Pineda et al. (2017b), presentó un paleoambiente atractivo para las comunidades de herbívoros y otros gremios de depredadores, entre los que encontramos los homíninos. La alta competencia observada en el entorno da lugar a la interpretación de una elevada coexistencia entre diferentes grupos taxonómicos e individuos, derivando en un consumo intensivo de, al menos, parte de las carcasas animales por parte de los carnívoros. A su vez, la reiteración en el uso del espacio por parte de las poblaciones homíninas evidencia un alto grado de control de un territorio del que obtendrían los recursos necesarios para su supervivencia y mantenimiento en este contexto. Pudieron darse tanto estrategias relacionadas con el carroñeo como actividades cinegéticas, si bien es cierto que en nuestro conjunto el tipo de acceso no ha podido ser inferido. A pesar de ello, la hipótesis principal corresponde a un posible desarrollo de la caza como forma de obtención de recursos cárnicos de manera habitual. El acceso primario es una práctica habitual, tanto en yacimientos de la Península Ibérica (e.g. Saladié et al., 2011; Huguet et al., 2013; 2017) como en el este de África (e.g. Domínguez-Rodrigo, 1997; Domínguez-Rodrigo et al., 2002; Domínguez-Rodrigo y Barba, 2006). Estos yacimientos han permitido entender las estrategias cinegéticas dentro de un modelo de acecho y emboscadas, lo cual podría darse en el Barranc de la Boella bajo este contexto de alto grado de control del entorno.

En el conjunto del nivel II.1 de La Mina, la influencia documentada en forma de modificaciones de las superficies óseas tanto de homíninos como carnívoros en la formación del conjunto osteológico es mínima, quedando relegada al aprovechamiento de algunas carcasas de manera independiente. Sin embargo, el abundante conjunto lítico

recuperado (Vallverdú et al., 2014; Mosquera et al., 2015; Ollé et al., 2023; Lombao et al., 2024) evidencia la permanencia y el recurrente uso de estos espacios por parte de los grupos homininos.

8. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha desarrollado un análisis tafonómico del conjunto osteológico del nivel II.1 de La Mina, localidad del Barranc de la Boella, con una cronología del Pleistoceno inferior final. También se ha analizado la distribución espacial de los restos recuperados en dicho nivel por primera vez.

El Barranc de la Boella ha sido descrito como un paisaje fluvio-lacustre atractivo para especies de distintos ambientes, coexistiendo en un entorno con suficientes recursos naturales de diversa índole. En este entorno se infiere un contexto de elevada competencia, a partir de los análisis relacionados con la supervivencia de epífisis y los perfiles esqueléticos, en el cual se daría un consumo intensivo de las carcasas por parte de los depredadores, especialmente los machacadores de huesos. El listado taxonómico incluye una importante lista de carnívoros, entre los cuales se ha sumado la presencia de un carnívoro machacador de huesos, posiblemente un hiénido, a través del análisis tafonómico, apoyado por la abundante presencia de coprolitos atribuidos a este taxón. Las evidencias relacionadas con la acción de carnívoros sugieren una baja influencia en la acumulación del conjunto y un posible acceso secundario a las carcasas por parte de estos. Las corrientes hídricas de baja intensidad, siguiendo los resultados del análisis espacial, estarían influenciando en la dispersión espacial del conjunto osteológico, aunque no en el conjunto lítico.

La actividad de los homínidos, por otra parte, está presente en el registro arqueológico principalmente a través de la presencia de abundante industria lítica. Estos grupos contarían con un alto grado de control del territorio, en el que la elevada presencia de otros depredadores no sería un factor limitante para el acceso a recursos animales, a través de posibles estrategias de caza oportunista o, quizás, de carroñeo, si bien es cierto que no ha podido ser inferido. Este aprovechamiento está limitado a algunas marcas de percusión, debido a la mala conservación de las superficies óseas. La alteración de estos restos afecta a la preservación y/o identificación de estrías tafonómicas, pudiendo enmascarar las huellas de actividad antrópica. La aproximación experimental al estudio de marcas de corte alteradas mediante Morfometría Geométrica no ha conseguido solventar los problemas relacionados con la identificación de posibles marcas de corte identificadas en el nivel II.1 de La Mina.

Conclusión

A pesar de dichas limitaciones, el Barranc de la Boella expone la presencia de grupos homininos ligados al tecno-complejo Achelense en cronologías próximas al millón de años, los cuales presentan la capacidad de obtener recursos para su supervivencia bajo condiciones desfavorables, estableciendo la importancia de llevar a cabo estudios sobre yacimientos al aire libre para reconstruir la conducta completa de los homininos del Pleistoceno inferior.

REFERENCIAS

- Andres, M., Gidna, A. O., Yravedra, J. & Dominguez-Rodrigo, M. (2012). A study of dimensional differences of tooth marks (pits and scores) on bones modified by small and large carnivores. *Archaeological and Anthropological Science*, 4, 209-219.
- Andrews, P. (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, U.K.* Chicago: University Press.
- Andrews, P. & Cook, J. (1985). Natural Modifications to Bones in a Temperate Setting. *Man*, 20, 675-691.
- Andrews, P., Fernández-Jalvo, Y. (1997). Surface modifications of the Sima de los Huesos fossil humans. *Journal of Human Evolution*, 33, 191–217.
- 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, 107-112.
- Arzarello, M., Peretto, C., Moncel, M. H. (2015). The pirro nord site (Apricena, FG, Southern Italy) in the context of the first European peopling: Convergences and divergences. *Quaternary International*, 389, 255-263.
- Ascenzi, A., Biddittu, I., Cassoli, P., Segre, A., Segre-Naldini, E. (1996). A calvarium of late Homo erectus from Ceprano, Italy. *Journal of Human Evolution*, 31, 409-423.
- Ascenzi, A., Mallegni, F., Manzi, G., Segre, A. G., Segre Naldini, E. (2000). A re-appraisal of Ceprano calvaria affinities with Homo erectus, after the new reconstruction. *Journal of Human Evolution*, 39, 433-450.
- Baddeley, A., Rubak, E., Turner, R. (2015). *Spatial point patterns: methodology and applications with R*. CRC Press.
- Bailey, G. (2007). Time Perspectives, Palimpsests and the Archaeology of Time. *Journal of Anthropological Archaeology*, 26, 198-223.
- Barone, R. (1976). *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. Paris: Vigot Freres Editeurs.
- Bar-Yosef, O., Goren-Inbar, N. (1993). *The lithic assemblages of 'Ubeidiya*. Jerusalem, Quedem, Monographs of the Institute of Archaeology.
- Bearder, S. K., Randall, R. M. (1978). The use of fecal marking sites by spotted hyenas and civets. *Carnivore*, 1, 32–48.

- Begon, M., Townsend, C. R., Harper, J. L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing USA, UK and Australia.
- Bello, S., Soligo, C. (2008). A new method for the quantitative analysis of cutmark micromorphology. *Journal of Archaeological Science*, 35, 1542-1552.
- Bello, S., Parfitt, S. A., Stringer, C. (2009). Quantitative micromorphological analyses of cutmarks produced by ancient and modern handaxes. *Journal of Archaeological Science*, 36, 1869–1880.
- Bello, S., Groote, I. D., Delbarre, G. (2013). Application of 3-dimensional microscopy and micro-ST scanning to the analysis of Magdalenian portable art on bone and antler. *Journal of Archaeological Science*, 40, 2464–2476.
- Behrensmeyer, A. K. (1975). The taphonomy and paleoecology of Plio-Pleistocene vertebrate assemblages east of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 146, 473-578.
- Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and Ecologic information from Bone Weathering. *Paleobiology*, 4, 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, 768-771.
- Behrensmeyer, A. K., Gordon, K. D., Yanagi, G. T. (1989). Nonhuman Bone Modification in Miocene Fossils from Pakistan. En, Bonnicksen, R. & Sorg, M. H: *Bone Modification*. Orono: University of Maine Center for the Study of the First Americans, 90-120.
- Berman, M., Diggle, P. (1989). Estimating weighted integrals of the second order intensity of a spatial point process. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)*, 51, 81–92.
- Bermudez de Castro, J. M., Arsuaga, J. L., Carbonell, E., Rosas, A., Martinez, I., Mosquera, M. (1997). A Hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: Possible Ancestor to Neandertals and Modern Humans. *Science*, 276, 1392-1395.
- Binford, L. R. (1978). *Nunamiut Ethnoarchaeology*. New York, Academic Press.
- Binford, L. R. (1980). Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation. *American Antiquity*, 45, 4-20.
- Binford, L. R. (1981). *Bones. Ancient Men and Modern Myths*. Orlando: Academic Press.

- Binford, L.R. (1984). *Faunal Remains from Klasies Rives Mouth*. Academic Press, New York.
- Binford, L. R. (1988). Fact and fiction about the *Zinjanthropus* floor: data, arguments and interpretations. *Current Anthropology*, 29, 123-134.
- Binford, L. R. (1991). *En Busca del Pasado: Descifrando el Registro Arqueológico*. Editorial Crítica, Barcelona.
- Blain, H. A., Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Bailon, S., Menéndez Granda, L., Espígares, M. P., Ros-Montoya, S., Jiménez Arenas, J. M., Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Sala, R. (2016). Refining upon the climatic background of the Early Pleistocene hominid settlement in western Europe: Barranco León and Fuente Nueva-3 (Guadix-Baza Basin, SE Spain). *Quaternary Science Reviews*, 144, 132-144.
- Blasco, R., Blain, H. A., Rosell, J., Diez, J. C., Huguet, R., Rodriguez, J., Arsuaga, J. L., Bermudez de Castro, J. M., Carbonell, E. (2011). Earliest evidence for human consumption of tortoises in the European Early Pleistocene from Sima del Elefante, Sierra de Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 61 (4), 503-509.
- Blumenschine, R. J. (1985). *Early hominid scavenging opportunities: insights from the ecology of carcass availability in the Serengeti and Ngorongoro Crater, Tanzania*. University of California, Berkeley. Ph.D. dissertation.
- Blumenschine, R. J. (1986). Carcass consumption sequences and the Archaeological distinction of Scavenging and Hunting. *Journal of Human Evolution*, 15, 639–659.
- Blumenschine, R. J. (1987). Characteristics of an early hominid scavenging niche. *Current Anthropology*, 28, 383-407.
- Blumenschine, R. J. (1988). An experimental model of the timing of Hominid and Carnivore Influence on Archaeological Bone assemblages. *Journal of Archaeological Science*, 15, 483–502.
- Blumenschine, R. J. (1989). A landscape taphonomic model of the scale of prehistoric scavenging opportunities. *Journal of Human Evolution*, 18 (4), 345-371.
- Blumenschine, R. J., Selvaggio, M. (1988). Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behavior. *Nature*, 333, 763-765.

- Blumenschine, R. J., Marean, C. W. (1993). A carnivore's view of archaeological bone assemblages. En: Hudson, J. (Ed.). *From Bones to Behaviour*. Carbondale: Center for Archaeological Investigations, 273-301.
- Bonifay, E., Vandermeersch, B. (1991). *Les premières européens*. Paris, CTHS.
- Brain, C. K. (1981). *The Hunters or the Hunted? An Introduction to African Cave Taphonomy*. Chicago: University Chicago Press.
- Bromage, T. G. (1984). Interpretation of scanning electron microscopic images of abraded bone surfaces. *American Journal of Physical Anthropology*, 64, 161-178.
- Brugal, J. P. (1994). Introduction générale: action de l'eau sur les ossements et les assemblages fossiles. In *Outillage peu élaboré en os et bois de Cervidés. 6a Table ronde taphonomic bone modification*. CEDARC, Patou-Mathis M. (ed.). Paris, 121-129.
- Bunn, H. T. (1981). Archaeological evidence for meat-eating by Plio- Pleistocene hominids from Koobi Fora and Olduvai Gorge. *Nature*, 291, 574-577.
- Bunn, H. T. (1983). *Comparative Analysis of Modern Bone Assemblages from a San Hunter-Gatherer Camp in the Kalahari Desert, Botswana, and from a Spotted Hyena Den Near Nairobi, Kenya*. Animals and archaeology. 1. Hunters and their prey. Clutton-Brock, J. Oxford, BAR International Series. 163.
- Bunn, H. T., Bartram, L. E., Kroll, E. M. (1988). Variability in bone assemblage formation from Hadza hunting, scavenging, and carcass processing. *Journal of Anthropological Archaeology*, 7, 412-457.
- Bunn, H. T., Ezzo, J. A. (1993). Hunting and scavenging by Plio-Pleistocene hominids: nutritional constraints, archaeological patterns, and behavioural implications. *Journal of Archaeological Science*, 20, 365-398.
- Bunn, H. T., Kroll, E. M. (1986). Systematic butchery by Plio/Pleistocene Hominids at Olduvai Gorge, Tanzania. *Current Anthropology*, 27 (5), 431-452.
- Bunn, H. T., Pickering, T. R. (2010). Bovid mortality profiles in paleoecological context falsify hypotheses of endurance running-hunting and passive scavenging by early Pleistocene hominins. *Quaternary Research*, 74, 396-404.
- Butzer, K. W. (1982). *Archaeology as human ecology*. Cambridge University Press.
- Caceres, I. (2002). *Tafonomía de yacimientos antrópicos en Karst. Complejo Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos), Vanguard Cave (Gibraltar) y Abric Romaní*

- (Capellades, Barcelona). Dpto. Historia y Geografia. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili. Ph. D. Dissertation.
- Capaldo, S. D. (1995). *Inferring Hominid and Carnivore Behavior from Dual Patterned Archaeofaunal Assemblages*. New Brunswick and New Jersey, Rutgers University. Ph. D. dissertation.
- Capaldo, S. D. (1997). Experimental Determinations of Carcass Processing by Plio-Pleistocene Hominids and Carnivores at FLK 22 (Zinjanthropus), Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution*, 33, 555-597.
- Capaldo, S. D. (1998). Simulating the formation of dual-patterned archaeofaunal assemblages with experimental control samples. *Journal of Archaeological Science*, 25, 311–330.
- Capaldo, S. D., Blumenschine, R. J. (1994). A quantitative diagnosis of notches made by hammerstone percussion and carnivore gnawing in bovid long bones. *American Antiquity*, 59, 724–748.
- Carbonell, E., Bermudez de Castro, J. M., Pares, J. M., Perez-Gonzalez, A., Cuenca-Bescos, G., Olle, A., Mosquera, M., Huguet, R., Made, J. van der., Rosas, A., Sala, R., Vallverdu, J., Garcia, N., Granger, D., Martinon-Torres, M., Rodriguez, X. P., Stock, G., Verges, J. M., Allue, E., Burjachs, F., Caceres, I., Canals, A., Benito, A., Diez, R., Lozano, M., Mateos, A., Navazo, M., Rodriguez, J., Rosell, J., Arsuaga, J. L. (2008). The first hominin of Europe. *Nature*, 452 (27), 465-470.
- Cavallo, J. A., Blumenschine, R. J. (1989). Tree-stored leopard kills: expanding the hominid scavenging niche. *Journal of Human Evolution*, 18, 393-399.
- Cook, J. (1986). The Application of Scanning Electron Microscopy to Taphonomic and Archaeological Problems. En: Roe, D. A. (Ed.). *Studies in the Upper Palaeolithic of Britain and Northwest Europe*. Oxford: BAR International Series, 146-163.
- Courtenay, L. A., Herranz-Rodrigo, D., Huguet, R., Maté-González, M.A., González-Aguilera, D., Yravedra, J. (2020c). Obtaining new resolutions in Carnivore tooth pit morphological analyses: a methodological update for digital taphonomy. *PLoS ONE*, 15 (10), e0240328.
- Courtenay, L. A., Herranz-Rodrigo, J., Yravedra, J., Vázquez-Rodríguez, M., Huguet, R., Barja, I., Mate-González, M. A., Fernández-Fernández, M., Muñoz-Nieto, A. L., González-Aguilera, D. (2021). 3D insights into the effects of captivity on Wolf

- mastication and their tooth marks; implications in ecological studies of both the past and present. *Animals*, 11, 2323.
- Courtenay, L. A., Huguet, R., González-Aguilera, D., Yravedra, J. (2020a). A hybrid geometric morphometric deep learning approach for cut and trampling mark classification. *Applied Sciences*, 10 (150).
- Courtenay, L. A., Huguet, R., Yravedra, J. (2020b). Scratches and grazes: a detailed microscopic analysis of trampling phenomena. *Journal of Microscopy*, 277 (2), 107–117.
- Courtenay, L. A., Maté-González, M. A., Aramendi, J., Yravedra, J., González-Aguilera, D., Domínguez-Rodrigo, M. (2018). Testing accuracy in 2D and 3D geometric morphometric methods for cut mark identification and classification. *PeerJ*, 7, e5133.
- Courtenay, L. A., Yravedra, J., Aramendi, J., Maté-González, M. A., Martín- Perea, D. M., Uribe, D., Baquedano, E., González-Aguilera, D., Domínguez-Rodrigo, M. (2019b). Cut Marks and Raw Material Exploitation in the Lower Pleistocene Site of Bell's Korongo (BK, Olduvai Gorge, Tanzania): a geometric Morphometrics Analysis. *Quaternary International*, 526, 155–168.
- Courtenay, L. A., Yravedra, J., Huguet, R., Ollé, A., Aramendi, J., Maté- González, M. A., González-Aguilera, D. (2019c). New taphonomic advances in 3D digital microscopy: a morphological characterisation of trampling marks. *Quaternary International*, 517, 55–66.
- Courtenay, L. A., Yravedra, J., Maté-González, M. A., Aramendi, J., González-Aguilera, D. (2019a). 3D analysis of cut marks using a new geometric morphometric methodological approach. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11 (2), 651–665.
- Cruz-Urbe, K. (1991). Distinguishing hyena from hominid bone accumulations. *Journal of Field Archaeology*, 18, 467-486.
- Delaney-Rivera, C., Plummer, Th. W., Hodgson, J. A., Forrest, F., Hertel, F., Oliver, J. S. (2009). Pits and pitfalls: taxonomic variability and patterning in tooth mark dimensions. *Journal of Archaeological Science*, 36, 2597-2608.
- Domínguez-Rodrigo, M. (1997). Meat-eating by early hominids at the FLK 22 Zinjanthropus site, Olduvai Gorge (Tanzania): an experimental approach using cutmark data. *Journal of Human Evolution*, 33, 669-690.

- Domínguez-Rodrigo, M. (2001). A study of carnivore competition in riparian and open habitats of modern savannas and its implications for hominid behavioural modelling. *Journal of Human Evolution*, 40 (2), 77-89.
- Domínguez-Rodrigo, M., Alcalá, L., Luque, L., Torre, I., Serralonga, J., Medina, V. (2002). The ST Site Complex at Peninj, West Lake Natron, Tanzania: Implications for Early Hominid Behavioral Models. *Journal of Archaeological Science*, 29, 639-665.
- Domínguez-Rodrigo, M., Baquedano, E., Barba, R., UribeArrea, D., Gidna, A. (2019a). The river that never was: Fluvial taphonomy at Olduvai Bed I and II sites and its bearing on early human behavior. *Quaternary International*, 526, 26–38.
- Domínguez-Rodrigo, M., Barba, R., Egeland, C.P., (2007). *Deconstructing Olduvai. A Taphonomic Study of the Bed I Sites*. Springer, Dordrecht.
- Domínguez-Rodrigo, M., Bunn, H.T., Mabulla, A., Ashley, G.M., Díez-Martín, F., Barboni, D., Prendergast, M.E., Yravedra, J., Barba, R., Sanchez, A., Baquedano, E., Pickering, T.R., (2010a). New excavations at the FLK Zinjanthropus site and its surrounding landscape and their behavioral implications. *Quaternary Research*, 74, 315e332.
- Domínguez-Rodrigo, M., Cobo-Sánchez, L. (2017). A spatial analysis of stone tools and fossil bones at FLK Zinj 22 and PTK I (Bed I, Olduvai Gorge, Tanzania) and its bearing on the social organization of early humans. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 488, 21–34.
- Domínguez-Rodrigo, M., Cobo-Sánchez, L., Yravedra, J., UribeArrea, D., Arriaza, C., Organista, E., Baquedano, E. (2018). Fluvial spatial taphonomy: a new method for the study of post-depositional processes. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10, 1769–1789.
- Domínguez-Rodrigo, M., de Juana, S., Galán, A. B., Rodríguez, M. (2009a). A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science*, 36, 2643–2654.
- Domínguez-Rodrigo, M., Mabulla, A., Bunn, H. T., Díez-Martín, F., Barba, R., Egeland, C., Yravedra, J., Sanchez, P., (2009b). Unravelling hominid behavior at another anthropogenic site from Olduvai Gorge (Tanzania): new archaeological and taphonomic research at BK, Upper Bed II. *Journal of Human Evolution*, 57, 260e283.

- Dominguez-Rodrigo, M., Organista, E. (2007). Natural background bone assemblages and their ravaging stages in Olduvai Bed I. En Dominguez-Rodrigo, M; Barba, R. & Egeland, C. (Eds.). *Deconstructing Olduvai. A taphonomic Study of the Bed I Sites*. Dordrecht: Springer: pp. 201-216.
- Domínguez-Rodrigo, M., Pickering, T. R., Bunn, H. T. (2010b). Configurational approach to identifying the earliest hominin butchers. *PNAS*, 107, 20929–20934.
- Dominguez-Rodrigo, M., Piqueras, A. (2003). The use of tooth pits to identify carnivore taxa in tooth-marked archaeofaunas and their relevance to reconstruct hominid carcass processing behaviours. *Journal of Archaeological Science*, 30, 1385-1391.
- Domínguez-Rodrigo, M., Saladié, P., Cáceres, I., Huguet, R., Yravedra, J., Rodríguez-Hidalgo, P., Martín, P., Pineda, A., Marín, J., Gené, C., Aramendi, J., & Cobo-Sánchez, L. (2017). Use and abuse of cut marks analyses: The Rorschach effect. *Journal of Archaeological Science*, 86, 14–23.
- Domínguez-Rodrigo, M., Saladié, P., Cáceres, I., Huguet, R., Yravedra, J., Rodríguez-Hidalgo, P., Martín, P., Pineda, A., Marín, J., Gené, C., Aramendi, J., Cobo-Sánchez, L. (2019b). Spilled ink blots the mind: a reply to Merrit et al. (2018) on subjectivity and bone surface modifications. *Journal of Archaeological Science*, 102, 80–86.
- Egeland, C. P. (2008). Patterns of Early hominid site use at Olduvai Gorge. *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte*, 17, 9-37.
- Egeland, C.P. (2014). Taphonomic estimates of competition and the role of carnivore avoidance in hominin site use within the Early Pleistocene Olduvai Basin. *Quaternary International*, 322-323, 95–106.
- Egeland, C. P., Domínguez-Rodrigo, M. (2008). Taphonomic perspectives on hominid site use and foraging strategies during Bed II times at Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution*, 55, 1031e1062.
- Emerson, A. M. (1990). *Archaeological implications of variability in the economic anatomy of Bison bison*. Washington State University. Ann Arbor: University Microfilms. Ph. D. dissertation.
- Eren, M. I., Durant, A., Neudorf, C., Haslam, M., Shipton, C., Nora, J., Korisettar, R., Petraglia, M. (2010). Experimental examination of animal trampling effects on

- artifact movement in dry and water saturated substrates: a test case from South India. *Journal of Archaeological Science*, 37, 3010-3021.
- Espigares, M. P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J., Sala, R. (2013). *Homo* vs. *Pachycrocuta*: Earliest evidence of competition for elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International*, 295, 113-125.
- Espigares, M. P., Palmqvist, P., Guerra-Merchán, A., Ros-Montoya, S., García-Aguilar, J. M., Rodríguez-Gómez, G., Serrano, F. J., Martínez-Navarro, B. (2019). The earliest cut marks of Europe: a discussion on hominin subsistence patterns in the Orce sites (Baza basin, SE Spain). *Scientific Reports*, 9, 15408.
- Faith, J. T., Behrensmeyer, A. K. (2006). Changing patterns of carnivore modification in a landscape bone assemblage, Amboseli Park, Kenya. *Journal of Archaeological Science*, 33, 1718-1733.
- Faith, J.T., Gordon, A.D., (2007). Skeletal element abundances in archaeofaunal assemblages: economic utility, sample size, and assessment of carcass transport strategies. *Journal of Archaeological Science*, 34, 872–882.
- Faith, J. T., Marean, C. W., Behrensmeyer, A. K. (2007). Carnivore competition, bone destruction, and bone density. *Journal of Archaeological Science*, 34: 2025-2034.
- Fernandez-Jalvo, Y. (1992). *Tafonomía de microvertebrados del complejo cárstico de Atapuerca (Burgos)*. Departamento de Paleontología: Universidad Complutense de Madrid. Ph. D. Dissertation.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P. (1992): Small Mammal Taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *Journal of Archaeological Science*, 19, 407-428.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P. (2016). *Atlas of Taphonomic identifications. 1001 + images of fossils and Recen Mammal Bone Modification*. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. Springer
- Fidalgo, D., Rosas, A., Estalrich, A., García-Tabernero, A., Pastor, F. J., Pineda, A., Huguet, R., Cáceres, I., Ollé, A., Vallverdú, J., Saladié, P. (2023a). First presence of *Macaca sylvanus* at the late Early Pleistocene of Barranc de la Boella (La Mina locality, Francolí Basin, NE Iberia). *Journal of Human Evolution*, 179, 103368.
- Fidalgo, D., Rosas, A., Madurell-Malapeira, J., Pineda, A., Huguet, R., García-Tabernero, A., Cáceres, I., Ollé, A., Vallverdú, J., Saladié, P. (2023b). A review on the Pleistocene occurrences and palaeobiology of *Hippopotamus antiquus* based on

- the record from the Barranc de la Boella Section (Francolí Basin, NE Iberia). *Quaternary Science Reviews*, 307, 108034.
- Fidalgo, D., Rosas, A., Pineda, A., Ramírez-Pedraza, I., Ros-Montoya, S., Rodríguez de la Fuente, D., López-Polín, L., Gómez, L., Martínez-Navarro, B., Moreno, E., García-Tabernero, A., Huguet, R., Ollé, A., Vallverdú, J., Saladié, P. (en revisión). Multidisciplinary approach to *Mammuthis meridionalis* from the late-Early Pleistocene archaeological site of Barranc de la Boella (Tarragona, East Iberia). *Historical Biology*.
- Fiorillo, A. R. (1991). Pattern and Process in Bone Modifications. *Anthropologie*, 29 (3), 157-161.
- Galán, A. B., Domínguez Rodrigo, M. (2013). An experimental study of the anatomical distribution of cut marks created by filleting and disarticulation on long bone ends. *Archaeometry*, 55, 1132-1149.
- Galán, A. B., Rodríguez, M., de Juana, S., Domínguez-Rodrigo, M. (2009). A new experimental study on percussion marks and notches and their bearing on the interpretation of hammerstone-broken faunal assemblages. *Journal of Archaeological Science*, 36, 776–784.
- Gaudzinski-Windheuser, S., Kindler, L., Rabinovich, R., Goren-Inbar, N. (2010). Testing heterogeneity in faunal assemblages from archaeological sites. Tumbling and trampling experiments at the early-middle pleistocene site of Gesher Benot Ya'aqov (Israel). *Journal of Archaeological Science*, 37, 3170–3190.
- Gifford-Gonzalez, D. P., Damrosch, D. B., Damrosch, D. R., Pryor, J., Thunen, R. L. (1985). The Third Dimension in Site Structure: An Experimental in Trampling and Vertical Dispersal. *American Antiquity*, 50 (4), 803-818.
- Giusti, D., Arzarello, M. (2016). The need for a taphonomic perspective in spatial analysis: Formation processes at the Early Pleistocene site of Pirro Nord (P13), Apricena, Italy. *Journal of Archaeological Sciences: Reports*, 8, 235–249.
- Giusti, D., Konidaris, G. E., Turloukis, V., Marini, M., Maron, M., Zerboni, A., Thompson, N., Koufos, G. D., Kostopoulos, D. S., Harvati, K. (2019). Recursive anisotropy: a spatial taphonomic study of the Early Pleistocene vertebrate assemblage of Tsiotra Vryssi, Mygdonia Basin, Greece. *Boreas*, 48, 713–730.
- Giusti, D., Turloukis, V., Konidaris, G. E., Thompson, N., Karkanas, P., Panagopoulou, E., Harvati, K. (2018). Beyond maps: patterns of formation processes at the

- Middle Pleistocene open-air site of Marathousa 1, Megalopolis basin, Greece. *Quaternary International*, 497, 137–153.
- Grayson, D. K. (1988). Danger Cave, Last Supper Cave, and Hanging Rock Shelter: the Faunas. *American Museum of Natural History Anthropological Papers*, 66, 1-130.
- Grayson, D. K. (1989). Bone transport, bone destruction and reverse utility curves. *Journal of Archaeological Sciences*, 17, 643-652.
- Gümrükçü, M., Pante, M. C. (2018). Assessing the effects of fluvial abrasion on bone surface modifications using high-resolution 3-D scanning. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 208–221.
- Harris, J. A., Marean, C.W., Ogle, K., Thompson, J. (2017). The trajectory of bone surface modification studies in paleoanthropology and a new bayesian solution to the identification controversy. *Journal of Human Evolution*, 110, 69–81.
- Hesse, B., Wapnish, P. (1985). *Animal Bones archaeology: From objectives to Analysis*. Manuals on Archaeology 5. Washington: Taraxacum.
- Hillson, S. (1996). *Mammal Bones and Teeth. An Introductory Guide to Methods of Identification*. London: UCL Institute of Archaeology publications (LCP).
- Hillson, S. (2005). *Teeth*. New York: Cambridge University Press.
- Höhle, J., Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64 (4), 398–406.
- Holen, S. R. (2006). Taphonomy of two last glacial maximum mammoth sites in the central Great Plains of North America: A preliminary report on La Sena and Lovewell. *Quaternary International*, 142-143, 30-43.
- Hou, Y., Potts, R., Yuan, B., Guo, Z., Deino, A., Wang, W., et al. (2000). Midpleistocene acheulean-like stone technology of the Bose basin, south China. *Science*, 287, 1622–1626.
- Huguet, R., Caceres, I. (1999). Estudio tafonomico y zooarqueologico de los restos oseos de macromamiferos de la unidad GII de Galeria (Sierra de Atapuerca). En: Carbonell, E; Rosas, A. & Diez, C. (Eds.): *Atapuerca: Ocupaciones Humanas y Paleoeología del Yacimiento de Galería*. Zamora: Junta de Castilla y Leon. Consejería de Educacion. Memorias, 7, 245-264.
- Huguet, R., Rodríguez-Álvarez, X. P., Martínón-Torres, M., Vallverdú, J., López-García, J. M., Lozano, M., Terradillos-Bernal, M., Expósito, I., Ollé, A., Santos, E.,

- Saladié, P., de Lombera-Hermida, A., Moreno-Ribas, E., Martín-Francés, L., Allué, E., Núñez-Lahuerta, C., van der Made, J., Galán, J., Blain, H. A., Cáceres, I., Rodríguez-Hidalgo, A., Bargalló, A., Mosquera, M., Parés, J. M., Marín, J., Pineda, A., Lordkipanidze, D., Margveslashvili, A., Arsuaga, J. L., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J. M. (2025). The earliest human face of Western Europe. *Nature*, 640, 707-713.
- Huguet, R., Saladie, P., Caceres, I., Diez, C., Rosell, J., Bennisar, M. Ll., Blasco, R., Esteban-Nadal, M., Gabucio, M. J., Rodriguez-Hidalgo, A., Carbonell, E. (2013). Successful subsistence strategies of the first humans in south-western Europe. *Quaternary International* 295, 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., Bennisar, M., Nuñez-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.
- Isaac, G. L. (1971). The diet of early man: Aspects of archaeological evidence from Lower and MiddlePleistocene sites in Africa. *World Archaeology*, 2 (3), 278–299.
- Isaac, G. L. (1978). The food-sharing behavior of protohuman hominids. In: Isaac, G., Leakey, R. (Eds.), *Human Ancestors*. W. H. Freeman and Company
- Johnson, E. (1985). Current developments in bone technology. En: Schiffer (ed) *Advances in Archaeological Method and Theory*, 8. Academic Press. Orlando.
- Karampatsou, T. (2017). *New data on stratigraphy and formation processes from Pirro 13 site of Pirro Nord (Apulia, Italy)*. Università degli Studi di Ferrara, Ferrara. Tesis doctoral inédita.
- Kos, A. M. (2003). Characterization of post-depositional taphonomic processes in the accumulation of mammals in a pitfall cave deposit from southeastern Australia. *Journal of Archaeological Science*, 30, 781-796.
- Kruuk, H. (1972). *The Spotted Hyena*. University of Chicago Press, Chicago.
- Lam, Y. M., Chen, X., Pearson, O. M. (1999). Intertaxonomic Variability in patterns of bone density and the differential representation of bovid, cervid, and equid elements in the archaeological record. *American Antiquity*, 64, 343e362.

- Leakey, M. D. (1971). *Olduvai Gorge Vol. 3: Excavations in Beds I and II, 1960–1963*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Li, H., Li, C., Sherwood, N. L., Kuman, K. (2017). Experimental flaking in the danjiangkou reservoir region (central China): A rare case of bipolar blanks in the acheulean. *Journal of Archaeological Science Reports*, 13, 26–35.
- Lombera-Hermida, A. de., Bargalló, A., Terradillos-Bernal, M., Huguet, R., Vallverdú, J., García-Antón, M. D., Mosquera, M., Ollé, A., Sala, R., Carbonell, E., Rodríguez-Álvarez, X. P. (2015). The lithic industry of Sima del Elefante (Atapuerca, Burgos, Spain) in the context of Early and Middle Pleistocene technology in Europe. *Journal of Human Evolution*, 82, 95-106.
- Lozano-Fernández, I., Bañuls-Cardona, S., Blain, H. A., López-García, J. M., Vallverdú, J., Agustí, J., Cuenca-Bescós, G. (2014). Biochronological data inferred from the Early Pleistocene small mammals of the Barranc de la Boella site (Tarragona, north-eastern Spain). *Journal of Quaternary Science*, 29 (7), 722-728.
- Lucas, G. (2005). *The Archaeology of Time*. Routledge, London.
- Lyman, R. L. (1978). Prehistoric butchering techniques in the Lower Granite Reservoir, southeastern Washington. *Tebawa, Miscellaneous Papers of the Idaho State University Museum of Natural Prehistory*, 13.
- Lyman, R. L. (1994). *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Lyman, R. L. (2008). *Quantitative Paleozoology*. Cambridge University Press, New York.
- Lyman, R. L., Fox, G. (1989). A Critical Evaluation of Bone Weathering as an Indication of Bone Assemblage Formation. *Journal of Archaeological Science*, 16, 293-317.
- Madurell-Malapeira, J., Sorbelli, L., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Vallverdú, J., Pineda, A., Rosas, A., Huguet, R., Cáceres, I., García-Tabernero, A., López-Polín, L., Ollé, A., Saladié, P. (2019). Acheulian tolus and villafranchian taxa: the latest early pleistocene large mammal assemblage from Barranc de la Boella (NE Iberian Peninsula). En Martínez-Navarro, B. Palmqvist, P. Espigares, M. P. Ros-Montoya, S. (2019) (Ed.). *Libro de resúmenes xxxv jornadas de la sociedad española de paleontología*, 161-167.
- Maguire, J. M., Pemberton, D., Collett, M. H. (1980). The Makapansgat limeworks grey breccia: Hominids, hyaenas, hystrioids or hillwhas? *Paleontologia Africana*, 23, 75-98.

- Marean, C. W., Cleghorn, N., (2003). Large mammal skeletal element transport: applying foraging theory in a complex taphonomic system. *Journal of Taphonomy*, 15e42.
- Marean, C., Spencer, L. (1991). Impact of carnivore ravaging on zooarchaeological measures of element abundance. *American Antiquity*, 56 (4), 645-658.
- Marín Arroyo, A. B., Landete Ruiz, M. D., Vidal Bernabeu, G., Seva Román, R., González Morales, M. R., Straus, L. G. (2008). Archaeological implications of human-derived manganese coatings: a study of blackened bones in El Mirón Cave, Cantabrian Spain, *Journal of Archaeological Science*, 35 (3), Pages 801-813.
- Marín, J., Rodríguez-Hidalgo, A., Vallverdú, J., de Soler, B. G., Rivals, F., Ramón Rabuñal, J., Pineda, A., Chacón, M. G., Carbonell, E., Saladié, P. (2019). Neanderthal logistic mobility during MIS3: Zooarchaeological perspective of Abric Romaní level P (Spain). *Quaternary Science Review*, 225, 106033.
- Marshall, F. (1994). Food sharing and body part representation in Okiek faunal assemblages. *Journal of Archaeological Sciences*, 21, 65-77.
- Martínez, K., García, J. (2014). The mode 1 lithic industry of Vallparadís (Terrassa, Catalonia). En Sala, R. (Ed.) (2014) *Pleistocene and Holocene hunter-gatherers in Iberia and the Gibraltar Strait: the current archaeological record*. Universidad de Burgos/Fundación Atapuerca. 308-315.
- Martínez, K., García, J., Burjachs, F., Yll, R., Carbonell, E. (2014). Early human occupation of Iberia: the chronological and palaeoclimatic inferences from Vallparadís (Barcelona, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 85, 136-146.
- Martínez, K., Garcia, J., Carbonell, E., Agustí, J., Bahain, J. J., Blain, H., Burjachs, F., Caceres, I., Duval, M., Falgueres, C., Gomez, M., Huguet, R. (2010). A new Lower Pleistocene archeological site in Europe (Vallparadis, Barcelona, Spain). *PNAS*, 107(13), 5762-5767.
- Maté-González, M. A., Yravedra, J., González-Aguilera, D., Palomeque- González, J. F., Domínguez-Rodrigo, M. (2015). Micro-photogrammetric characterization of cut mark on bones. *Journal Archaeological Science*, 62, 128–142.
- Maté-González, M. A., Courtenay, L. A., Aramendi, J., Yravedra, J., Mora, R., González-Aguilera, D., Domínguez-Rodrigo, M. (2019a). Application of geometric morphometrics to the analysis of cut mark morphology on different bones of

- differently sized animals. Does size Really Matter? *Quaternary International* 517, 33–44.
- Maté-González, M. A., Estaca-Gómez, V., Aramendi, J., Sáez Blázquez, C., Rodríguez-Hernández, J., Yravedra, J., Ruiz-Zapatero, G., Álvarez-Sanchís, J. R. (2023). Geometric Morphometrics and Machine Learning models Applied to the study of Late Iron Age Cut Marks from Central Spain. *Applied Sciences*, 13, 3967.
- Milo, R. G. (1998). Evidence for hominid predation at Klassies River Mouth, South Africa, and its implications for the behaviour of early modern humans. *Journal of Archaeological Sciences*, 25, 99-133.
- Moclán, A., Domínguez-Rodrigo, M. (2018). An experimental study of the patterned nature of anthropogenic bone breakage and its impact on bone surface modification frequencies. *Journal of Archaeological Science*, 96, 1–13.
- Moclán, A., Huguet, R., Márquez, B., Domínguez-Rodrigo, M., Gómez- Miguelsanz, C., Vergés, J. M., Laplana, C., Arsuaga, J. L., Pérez-González, A., Baquedano, E. (2018). Cut marks made with quartz tools: an experimental framework for understanding cut mark morphology, and its use at the Middle Palaeolithic site of the Navalmaíllo Rock Shelter (Pinilla Del Valle, Madrid, Spain). *Quaternary International*, 493.
- Moncel, M. H., Despriée, J., Voinchet, P., Courcimault, G., Hardy, B., Bahain, J. J., Puaud, S., Gallet, X., Falguères, C. (2016). The Acheulean workshop of la noira (France, 700 ka) in the European technological context. *Quaternary International*, 393, 112–136.
- Moncel, M. H., Santagata, C., Pereira, A., Nomade, S., Voinchet, P., Bahain, J. J., et al. (2020). The origin of early acheulean expansion in Europe 700 ka ago: New findings at Notarchirico (Italy). *Scientific Reports*, 10, 13802.
- Morlan, R. E. (1980). *Taphonomy and archaeology in the Upper Pleistocene of the northern Yukon Territory: a glimpse of the peopling of the New World*. Ottawa, 94, Mercury Series.
- Mosquera, M., Ollé, A., Sladié, P., Cáceres, I., Huguet, R., Rosas, A., Villalaín, J., Carrancho, A., Bourlès, D., Braucher, R., Pineda, A., Vallverdú, J. (2016). The Early Acheulean technology of Barranc de la Boella (Catalonia, Spain). *Quaternary International*, 393, 95-111.

- Myers, T. P., Voorhies, M. R., Corner, R. G. (1980), Spiral fractures and limb bones pseudotools at paleontological sites. *American Antiquity*, 45 (3), 483-490.
- Nilssen, P. J. (2000). *An actualistic butchery study in South Africa and its implications for reconstructing hominid strategies of carcass acquisition and butchery in the upper Pleistocene and plio-pleistocene*. Faculty of Science, Department of Archaeology. PhD dissertation.
- Oliver, J. S. (1984). Bone damage morphologies from Shield Trap Cave, Carbon County, Montana. En: *First international Conference of Bone Modification*. Orino, Maine: Centre for Study of Early Man.
- Oliver, J. S. (1993). Carcass processing by the Hadza: bone breakage from butchery to consumption. In: Hudson, J. (Ed.), *From Bones to Behavior. Ethnoarchaeological and Experimental Contributions to the Interpretation of Faunal Remains*. Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois, 200-227. University at Carbondale.
- Ollé, A., Lombao, D., Asryan, L., García-Medrano, P., Arroyo, A., Fernández-Marchena, J. L., Yeşilova, G. C., Cáceres, I., Huguet, R., López-Polín, L., Pineda, A., García-Tabernero, A., Fidalgo, D., Rosas, A., Saladié, P., Vallverdú, J. (2023). The earliest European Acheulian: new insights into the large shaped tools from the late Early Pleistocene site of Barranc de la Boella (Tarragona, Spain). *Frontiers in Earth Science*, 11, 1188663.
- Olsen, S., Shipman, P. (1988). Surface Modification on Bone: Trampling versus Butchery *Journal of Archaeological Science*, 15: 535-553.
- Otárola-Castillo, E., Torquato, M. G., Hawkins, H. C., James, E., Harris, J. A., Marean, C. W., McPherron, S. P., Thompson, J. C. (2018). Differentiating between cutting actions on bone using 3D geometric morphometrics and bayesian analyses with implications to human evolution. *Journal of Archaeological Sciences*, 89, 56–67.
- Pales, L., Lambert, C., (1971). *Atlas Ostéologique pour servir à l'identification de Mammifères de Quaternaire*. Paris, Editions de Centre National de la Recherche Scientifique.
- Pales, L., García, M. A. (1981). *Atlas Ostéologique pour servir à l'identification de Mammifères de Quaternaire*. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.

- Palmqvist, P., Arribas, A. (2001). Taphonomic decoding of the paleobiological information locked in a lower Pleistocene assemblage of large mammals. *Paleobiology*, 27 (3), 512-530.
- Pappu, S., Gunnell, Y., Akhilesh, K., Braucher, R., Taieb, M., Demory, F., et al. (2011). Early pleistocene presence of acheulian hominins in South India. *Science*, 331, 1596–1599.
- Petraglia, M. D., Potts, R. (1994). Water Flow and the Formation of Early Pleistocene Artifact Sites in Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Anthropological Archaeology*, 13, 228–254.
- Pewsey, A. (2002). Testing circular symmetry. *Canadian Journal of Statistics*, 30, 591–600.
- Pickering, T. R. (2002). Reconsideration of criteria for differentiating faunal assemblages accumulated by hyenas and hominids. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12, 127- 141.
- Pickering, T. R., Egeland, C. P. (2006). Experimental patterns of hammerstone percussion damage on bones: implications for inferences of carcass processing by humans. *Journal of Archaeological Science*, 33, 459–469.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13 (2), 131-144.
- Pineda, A. (2014). *Competencia entre homínidos y carnívoros durante el Pleistoceno Inferior: el Barranc de la Boella (la Canonja, Tarragona)*. Universitat Rovira i Virgili. Tesis de Máster.
- Pineda, A. (2018). *El rol de los homínidos en la formación de conjuntos arqueopaleontológicos al aire libre: La Mina y El Forn (Barranc de la Boella, La Canonja, Tarragona) y Torralba (Torralba del Moral, Soria)*. Universitat Rovira I Virgili. Tesis Doctoral Inédita.
- Pineda, A., Cáceres, I., Saladié, P., Huguet, R., Morales, J. I., Rosas, A., Vallverdú, J. (2019). Tumbling effects on bone surface modifications (BSM): an experimental application on archaeological deposits from the Barranc De La Boella site (Tarragona, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 102, 35–47.
- Pineda, A., Courtenay, L., Téllez, E., Yravedra, J. (2023). An experimental approach to the analysis of altered cut marks in archaeological contexts from Geometrics Morphometrics. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 48, 103850.

- Pineda, A., Saladié, P. (2022). Beyond the Problem of Bone Surface Preservation in Taphonomic Studies of Early and Middle Pleistocene Open-Air Sites. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 29, 1090-1130.
- Pineda, A., Saladié, P., Expósito, I., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Huguet, R., Rosas, A., López- Polín, L., Estalrich, A., García-Tabernero, A., & Vallverdú, J. (2017a). Characterizing hyena coprolites from two latrines of the Iberian Peninsula during the Early Pleistocene: Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos) and la Mina (Barranc de la Boella, Tarragona). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 480, 1–17.
- Pineda, A., Saladié, P., Huguet, R., Cáceres, I., Rosas, A., Estalrich, A., García-Tabernero, A., Vallverdú, J. (2017b). Changing competition dynamics among predators at the late Early Pleistocene site Barranc de la Boella (Tarragona, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 477, 10-26.
- Pineda, A., Saladié, P., Huguet, R., Cáceres, I., Rosas, A., García-Tabernero, A., Estalrich, A., Mosquera, M., Ollé, A., Vallverdú, J. (2015). Coexistence among large predators during the Lower Paleolithic at the site of La Mina (Barranc de la Boella, Tarragona, Spain). *Quaternary International*, 388, 177–187.
- Pizarro-Monzo, M., Domínguez-Rodrigo, M. (2020). Dynamic modification of cut marks by trampling: temporal assessment through the use of mixed-effect regressions and deep learning methods. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12 (4).
- Pizarro-Monzo, M., Organista, E., Cobo-Sánchez, L., Baquedano, E., Domínguez-Rodrigo, M. (2022). Determining the diagenetic paths of archaeofaunal assemblages and their palaeoecology through artificial intelligence: an application to Oldowan sites from Olduvai Gorge (Tanzania). *Journal of Quaternary Science*, 37(3), 543–557.
- Potter, R. M., Rossman, G. R. (1979). Mineralogy of manganese dendrites and coatings. *American Mineralogist*, 64, 1219-1226.
- Potts, R. (1984). Home Bases and Early Hominids. *American Scientist*, 72, 338-347.
- Potts, R., Shipman, P. (1981). Cutmarks made by stone tools on bones from Olduvai Gorge, Tanzania. *Nature*, 291, 577-580.
- Rabinovich, R., Gaudzinski-Windheuser, S., Kindler, L., Goren-Inbar, N. (2012). *The Acheulian Site of Gesher Benot Ya‘aqov -Volume III - Mammalian Taphonomy. The Assemblages of Layers V-5 and V-6*. Springer.

- Reitz, E., Wing, E. (2008). *Zooarchaeology*. Cambridge & New York, Cambridge University Press.
- Ripley, B. D. (1976). The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability*, 13 (2), 255–266.
- Ripley, B. D. (1977). Modelling Spatial Patterns. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)*, 39 (2), 172–192.
- Ripley, B. D. (1979). Tests of “Randomness” for Spatial Point Patterns. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)*, 41 (3), 368–374.
- Robert, C. P., Casella, G. (2004). Variable Dimension Models and Reversible Jump Algorithms. En Robert, C. P. Casella, G. (Ed.) (2004). *Monte Carlo Statistical Methods*, 425–458, Springer Texts in Statistics.
- Rodríguez de la Fuente, D., Courtenay, L. A., Herranz-Rodrigo, D., Yravedra, J., Pineda, A. (2024). Identification of chemically altered cut marks: an experimental approach from Geometrics Morphometrics. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 16 (186).
- Rodríguez-Hidalgo, A., Lloveras, LL., Moreno-Garcia, M., Saladié, P., Canals, A., Nadal, J. (2013). Feeding behaviour and taphonomic characterization of non-ingested rabbitremains produced by the Iberian lynx (*Lynx pardinus*). *Journal of Archaeological Science*, 40, 3031-3045.
- Rodríguez-Hidalgo, A., Saladié, P. (En prensa). The first foragers of the European continent. Key pieces for a broken puzzle. En: Domínguez-Rodrigo, M., Baquedano, E. (Ed.) *Traces of the Distant Human Past*. Cambridge University Press.
- Rodríguez-Martín, M., Rodríguez-González, P., de Oña, R., Crespo, E., González-Aguilera, D. (2019). Validation of portable mobile mapping system for inspection tasks in termal and fluid-mechanical facilities. *Remote Sensing*, 11 (19), 2205.
- Roebroeks, W. (1994). Updating the Earliest Occupation of Europe. *Current Anthropology*, 35 (3), 301-305.
- Roebroeks, W., Kolfschoten, T. (1994). The earliest occupation of Europe: A short chronology. *Antiquity*, 68, 489-503.
- Roebroeks, W., Kolfschoten, T. (1995). The earliest occupation of Europe: a reappraisal of artefactual and chronological evidence. En: Roebroeks, W., Kolfschoten, T.

- (Eds.). *The earliest occupation of Europe: Proceedings of the European Science Foundation Workshop at Tautavel (France)*, 1993, 297-316. University of Leiden.
- Rogers, R. R., Kidwell, S. M. (2007). A conceptual framework for the genesis and analysis of vertebrate skeletal concentrations. In: Rogers RR, Eberth DA, Fiorillo AR (eds) *Bonebeds: Genesis, Analysis and Paleobiological significance*. University of Chicago Press, Chicago, 1–63.
- Rohlf, F. K. (1999). Shape statistics: procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification*, 16, 197–223.
- Rosas, A., Saladié, P., Huguet, R., Cáceres, I., Pineda, A., Ollé, A., Mosquera, M., García-Tabernero, A., Estalrich, A., Pérez-Criado, L., Rodríguez-Pérez, J., Lozano-Fernández, I., López-Polín, L., Moreno, E., Vergés, J.M., Expósito, I., Agustí, J., Carbonell, E., Capdevila, R. and Vallverdú, J. (2015). Estudio preliminar de las tafofacies del pleistoceno inferior del yacimiento de El Forn (Barranc de la Boella, Tarragona, España). En: Galve, J. P. Azañón, J. M. Pérez Peña J. V. et al. *Una visión global del Cuaternario. El hombre como condicionante de procesos geológicos. Granada: XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada (España)*, 46-48.
- Sahle, Y., El Zaatari, S., White, T. D. (2017). Hominid butchers and biting crocodiles in the African Plio-Pleistocene. *PNAS*, 114 (50), 13164–13169.
- Sala, N., Arsuaga, J. L., Haynes, G. (2014). Taphonomic comparison of bone modifications caused by wild and captive wolves (*Canis lupus*). *Quaternary International*, 330, 126-135.
- Saladie, P. (2009). *Mossegades d'omnívors. Aproximació experimental y aplicació zooarqueològica a la Sierra de Atapuerca*. Dpto. Historia y Geografia. Tarragona. Universitat Rovira i Virgili. Ph. D. Dissertation.
- Saladié, P., Fernández, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Pineda, A., Cáceres, I., Marín, J., Vallverdú, J., Carbonell, E. (2019). The TD6.3 faunal assemblage of the Gran Dolina site (Atapuerca, Spain): a late Early Pleistocene hyena den. *Historical Biology*, 31 (6), 665-683.
- Saladie, P., Huguet, R., Diez, 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 (4), 425-446.

- Saladié, P., Huguet, R., Díez, C., Rodríguez- Hidalgo, A. y Carbonell, E. (2013). Taphonomic Modifications Produced by Modern Brown Bears (*Ursus arctos*). *International Journal of Osteoarchaeology*, 23, 13-33.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Domínguez-Rodrigo, M., Vallverdú, J., Mosquera, M., Ollé, A., Huguet, R., Cáceres, I., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E. (2021). Dragged, lagged, or undisturbed: reassessing the autochthony of the *hominin*-bearing assemblages at Gran Dolina (Atapuerca, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13 (65).
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Cáceres, I., Díez, C., Vallverdú, J., Canals, A., Soto, M., Santander, B., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., (2014). The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6.2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 93, 47e66.
- Saladié, P., Rosas, A., García-Tabernero, A., Fidalgo, D., Fero Meñe, M., Eban Eban, C. (2024). An actualistic taphonomic model of human tooth marks on bone remains: A sample recovered in villages of continental Equatorial Guinea. *Journal of Archaeological science: Reports*, 55, 104514.
- Schaller, G. B. (1972). *The Serengeti Lion: A Study of Predator-Prey Relations*. University of Chicago Press.
- Schick, K. D. (1987). Experimentally-derived criteria for assessing hydrologic disturbance of archaeological sites. In: Nash DT, Petraglia (eds) *Natural formation processes and the archaeological record*. BAR International Series, 86–107.
- Schmid, E. (1972). *Atlas of Animal Bones from Prehistorians, Archaeologists, and Quaternary Geologists*. Amsterdam, London & New York: Elsevier Publishing Company.
- Selvaggio, M. (1994a). *Evidence from Carnivore Tooth Marks and Stone-Tool-Butchery Marks for Scavenging by Hominids at FLK Zinjanthropus Olduvai Gorge, Tanzania*. New Jersey, Rutgers University. Ph. D. Dissertation.
- Selvaggio, M. (1994b). Carnivore tooth marks and stone tool butchery marks on scavenged bones: archaeological implications. *Journal of Human Evolution*, 27, 215-228.

- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Shipman, P. (1981a). *Life history of a fossil. An introduction to Taphonomy and Paleoecology*. Massachusetts: Harvard University Press.
- Shipman, P. (1981b). Applications of Scanning Electron Microscopy to Taphonomic Problems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 376, 357-385.
- Shipman, P., Rose, J. (1983a). Evidence of butchery and hominid activities at Torralba and Ambrona; an evaluation using microscopic techniques. *Journal of Archaeological Science*, 10, 465–474.
- Shipman, P., Rose, J. (1983b). Early hominid hunting, butchering, and carcass-processing behaviors: approaches to the fossil record. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2, 57–98.
- Slice, D. E. (2001). Landmark coordinates aligned by procrustes analysis do not lie in Kendall's shape space. *Systematic Biology*, 50, 141–149.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163, 688.
- Stiner, M. (1994). *Honor among thieves: A zooarchaeological study of Neanderthal ecology*. Princeton, Princeton University Press.
- Stuart, A. J., Larkin, N. R. (2010). Taphonomy of the West Runton Mammoth. *Quaternary International*, 228, 217-232.
- Tappen, M., Wrangham, R. (2000). Recognizing Hominoid-modified bones: the taphonomy of Colobus bones partially digested by Free-Ranging Chimpanzees in the Kibale Forest, Uganda. *American Journal of Physical Anthropology*, 113, 217e234.
- Tappen, M., Lordkipanidze, D., Bukshianidze, M., Vekua, A., Ferring, C. R. (2007). Are you in or out (of Africa)? Site formation at Dmanisi and actualistic studies in Africa. En: Pickering, T. R., Shick, K., Toth, N. (Eds.), *Breathing Life into Fossils: Taphonomic Studies in Honor of C. K. Brain*. Bloomington, 19-135.
- Terradillos-Bernal, M., Zorrilla-Revilla, G., Rodríguez-Álvarez, X. P. (2022). To be or not to be a lithic tool: analysis in the limestone pieces of Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, northern Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 14 (189).
- Thackeray, J. F. (2016). The possibility of lichen growth on bones of *Homo naledi*: Were they exposed to light? *South African Journal of Science*, 112 (7/8).

- Thackeray, J. F., Sénégas, F., Laden, G. (2005). Manganese dioxide staining on hominid crania from Sterkfontein and Swartkrans: possible associations with lichen. *South African Journal of Science*, 101.
- Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermudez de Castro, J. M., Martinon-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falgueres, C., Oms, O., Pares, J. M., Anadon, P., Julia, R., García-Aguilar, J. M., Moigne, A. M., Espigares, M. P., Ros-Montoya, S., Palmqvist, P. (2013). The oldest human fossil in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution*, 65, 1-9.
- Vallverdú, J., Saladié, P., Rosas, A., Mosquera, M., Huguet, R., Cáceres, I., García-Tabernero, A., Estalrich, A., Lozano-Fernández, I., Villalta, J., Esteban-Nadal, M., Benàssar, M. L., Pineda-Alcalá, A., Carrancho, Á., Villalain, J. J., Bourlès, D., Braucher, R., Lebatard, A., Ollé, A., Vergès, J. M., Ros Montoya, S., Martínez-Navarro, B., García-Barbo, A., Martinell, J., Expósito, M. I., Burjachs, F., Agustí, J. y Carbonell, E. (2014b). Age and date for early arrival of the Acheulian in Europe (Barranc de la Boella, la Canonja, Spain), *PlosOne*, 9, e103634.
- Valtierra, N., Courtenay, L. A., López-Polín, L. (2020). Microscopic analyses of the effects of mechanical cleaning interventions on cut marks. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12 (193).
- Villa, P., Mahieu, E. (1991). Breakage patterns of human long bones. *Journal of Human Evolution*, 21, 27-48.
- Voorhies, M. (1969). *Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska*. University of Wyoming Contributions to Geology Special Paper No. 1. Laramie.
- White, T. D. (1992): *Prehistoric Cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346*. Princeton University Press. Princeton.
- Yellen, J. E. (1991). Small Mammals: Post-discard Patterning of !Kung San Faunal Remains. *Journal of Anthropological Archaeology*, 10, 152-192.
- Yravedra, J., Maté-González, M. A., Palomeque-González, J. F., Aramendi, J., Estaca Gómez, V., San Juan Blázquez, M., García Vargas, E., Organista, E., González-Aguilera, D., Arriaza, M., Cobo-Sánchez, L., Gidna, A., del Uriberlarrea, D., Baquedano, E., Mabulla, A., Domínguez-Rodrigo, M. (2017). A new approach to raw material use in the exploitation of animal carcasses at BK (upper bed II,

Referencias

Olduvai Gorge, Tanzania): a micro-photogrammetric and geometric morphometric analysis of fossil cut marks. *Boreas*, 46, 860–873.

ANEXO

			<i>PHASE</i> <i>0</i>	<i>PHASE</i> <i>1</i>	<i>PHASE</i> <i>2</i>
<i>PRL</i>	<i>PAT</i>	<i>CM1</i>	x	x	x
		<i>CM2</i>	x	x	x
		<i>CM3</i>	x	x	x
		<i>CM4</i>	x	x	x
	<i>CAL</i>	<i>CM5</i>	x	x	x
		<i>CM6</i>	x	x	x
		<i>CM7</i>	x	x	x
		<i>CM8</i>	x	x	x
		<i>CM9</i>	x	x	x
		<i>CM10</i>	x	x	x
		<i>CM11</i>	x	x	x
		<i>CM12</i>	x	x	x
	<i>AST</i>	<i>CM13</i>	x	x	x
		<i>CM14</i>	x	x	x
		<i>CM15</i>	x	x	x
		<i>CM16</i>	x	x	x
	<i>MET</i>	<i>CM17</i>	x	x	x
		<i>CM18</i>	x	x	x
		<i>CM19</i>	x	x	x
		<i>CM20</i>	x	x	x
		<i>CM21</i>	x	x	x
		<i>CM22</i>	x	x	x
		<i>CM23</i>	x	x	x
	<i>TIB</i>	<i>CM24</i>	x	x	x
		<i>CM25</i>	x	x	x
		<i>CM26</i>	x	x	x
		<i>CM27</i>	x	x	x
		<i>CM28</i>	x	x	x
		<i>CM29</i>	x	x	x
		<i>CM30</i>	x	x	x
		<i>CM31</i>	x	x	x
		<i>CM32</i>	x	x	x

		CM33	x	x	x
		CM34	x	x	x
		CM35	x	x	x
		CM36	x	x	x
		CM37	x	x	x
		CM38	-	-	-
		CM39	x	x	x
		CM40	x	x	x
		CM41	x	x	x
	<i>FEM</i>	CM42	x	x	x
		CM43	x	x	x
		CM44	x*	x*	x*
		CM45	x	x	x
		CM46	x*	x*	x*
		CM47	x*	x*	x*
		CM48	x	x	x
		CM49	x	x	x
		CM50	x	x	x
		CM51	x	x	x
		CM52	x	x	x
		CM53	x	x	x
		CM54	x	x	x
		CM55	x	x	x
		CM56	x	x	x
		CM57	x	x	x
		CM58	x	x	x
		CM59	x	x	x
		CM60	x	x	-
		CM61	x	x	x
		CM62	x	x	x
		CM63	x	x	x
		CM64	x	x	x
		CM65	x	x	x
		CM66	x	x	x
		CM67	x	x	x
		CM68	x	x	x
		CM69	x	x	x
		CM70	x	x	x
		CM71	x	x	x

		<i>CM72</i>	x	x	x
		<i>CM73</i>	x	x	x
		<i>CM74</i>	x	x	x
		<i>CM75</i>	x	x	x
		<i>CM76</i>	x	x	x
		<i>CM77</i>	x	x	x
		<i>CM78</i>	x	x	x
		<i>CM79</i>	x	x	x
		<i>CM80</i>	x	x	x
		<i>CM81</i>	x	x	x
		<i>CM82</i>	x	x	x
		<i>CM83</i>	x	x	x
		<i>CM84</i>	x	x	x
		<i>CM85</i>	x	x	x
		<i>CM86</i>	x	x	x
		<i>CM87</i>	x	x	x
		<i>CM88</i>	x	x	x
		<i>CM89</i>	x	x	x
		<i>CM90</i>	x	x	x
		<i>CM91</i>	x	x	x
		<i>CM92</i>	x	x	x
		<i>CM93</i>	x	x	x
		<i>CM94</i>	x	x	x
		<i>CM95</i>	x	x	x
		<i>CM96</i>	x	x	x
		<i>CM97</i>	x	x	x
		<i>CM98</i>	x	x	x
		<i>CM99</i>	x	x	x
		<i>CM100</i>	x	x	x
<i>PLL</i>	<i>CAL</i>	<i>CM101</i>	x	x	x
		<i>CM102</i>	x	x	x
	<i>AST</i>	<i>CM103</i>	x	x	x
		<i>CM104</i>	x	x	x
		<i>CM105</i>	x	x	x
	<i>SCC</i>	<i>CM106</i>	x	x	x
		<i>CM107</i>	x	x	x
		<i>CM108</i>	x	x	x
	<i>MET</i>	<i>CM109</i>	x	x	x
		<i>CM110</i>	x	x	x

		CM111	x	x	x
		CM112	x	x	x
		CM113	x	x	x
	<i>TIB</i>	CM114	x	x	x
		CM115	x	x	x
		CM116	x	x	x
		CM117	x	x	x
		CM118	x	x	x
		CM119	x	x	x
		CM120	x	x	x
		CM121	x	x	x
		CM122	x	x	x
		CM123	x	x	x
		CM124	x	x	x
		CM125	x	x	x
		CM126	x	x	x
		CM127	x	x	x
		CM128	x	x	x
		CM129	x	x	x
		CM130	x	x	x
		CM131	x	x	x
		CM132	x	x	x
		CM133	x	x	x
		CM134	x	x	x
		CM135	x	x	x
		CM136	x	x	x
		CM137	x	x	x
		CM138	x	x	x
		CM139	x	x	x
		CM140	x	x	x
		CM141	x	x	x
		CM142	x	x	x
		CM143	x	x	x
		CM144	x	x	x
	<i>FEM</i>	CM145	x	x	x
		CM146	x	x	x
		CM147	x	x	x
		CM148	x	x	x
		CM149	x	x	x

		CM150	x	x	x
		CM151	x	x	x
		CM152	x	x	x
		CM153	x	x	x
		CM154	x	x	x
		CM155	x	x	x
		CM156	x	x	x
		CM157	x	x	x
		CM158	x	x	x
		CM159	x	x	x
		CM160	x	x	x
		CM161	x	x	x
		CM162	x	x	x
		CM163	x	x	x
		CM164	x	x	x
		CM165	x	x	x
		CM166	x	x	x
		CM167	x	x	x
		CM168	x	x	x

*Anexo, Tabla 1. Marcas de corte localizadas por huesos y extremidad. x: Marca preservada; -: Marca no digitalizable; *: Marca descartada por inversión de hombros.*

	WIS		WIM		WIS		RDC		LDC		D		OALIN	
	Sh	P	Sh	P	Sh	P	Sh	P	Sh	P	Sh	P	Sh	P
FASE 0	0,88	3,112e- 10	0,88	5,276e- 10	0,88	2,932e- 10	0,82	9,621e- 13	0,87	2,391e- 10	0,65	2,2e-16	0,9	2,733e- 9
FASE 1	0,85	1,641e- 11	0,85	1,106e- 11	0,85	1,23e-11	0,79	8,255e- 14	0,85	1,337e- 11	0,68	2,2e-16	0,9	2,998e- 9
FASE 2	0,85	1,197e- 11	0,85	1,214e- 11	0,85	1,572e- 11	0,79	7,992e- 14	0,83	4,073e- 12	0,67	2,2e-16	0,9	5,362e- 9
BB	0,9	0,006	0,9	0,005	0,89	0,005	0,87	0,001	0,88	0,001	0,79	2,66e-5	0,92	0,02

Anexo, Tabla 2. Resultados del test Shapiro-Wilks para el análisis de las distribuciones. **Negrita implica significancia estadística.**

