

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE GEOGRAFIA E HISTORIA

Departamento de Prehistoria



TESIS DOCTORAL

**Estudio tafonómico de los niveles arqueológicos de BK (Bell Korongo),
garganta de Olduvai, Tanzania**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Elia Organista Labrado

Director

Manuel Domínguez-Rodrigo

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE GEOGRAFIA E HISTORIA

Departamento de Prehistoria



**UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID**

**ESTUDIO TAFONÓMICO DE LOS NIVELES ARQUEOLÓGICOS DE BK
(BELL KORONGO), GARGANTA DE OLDUVAI, TANZANIA**

Tesis doctoral

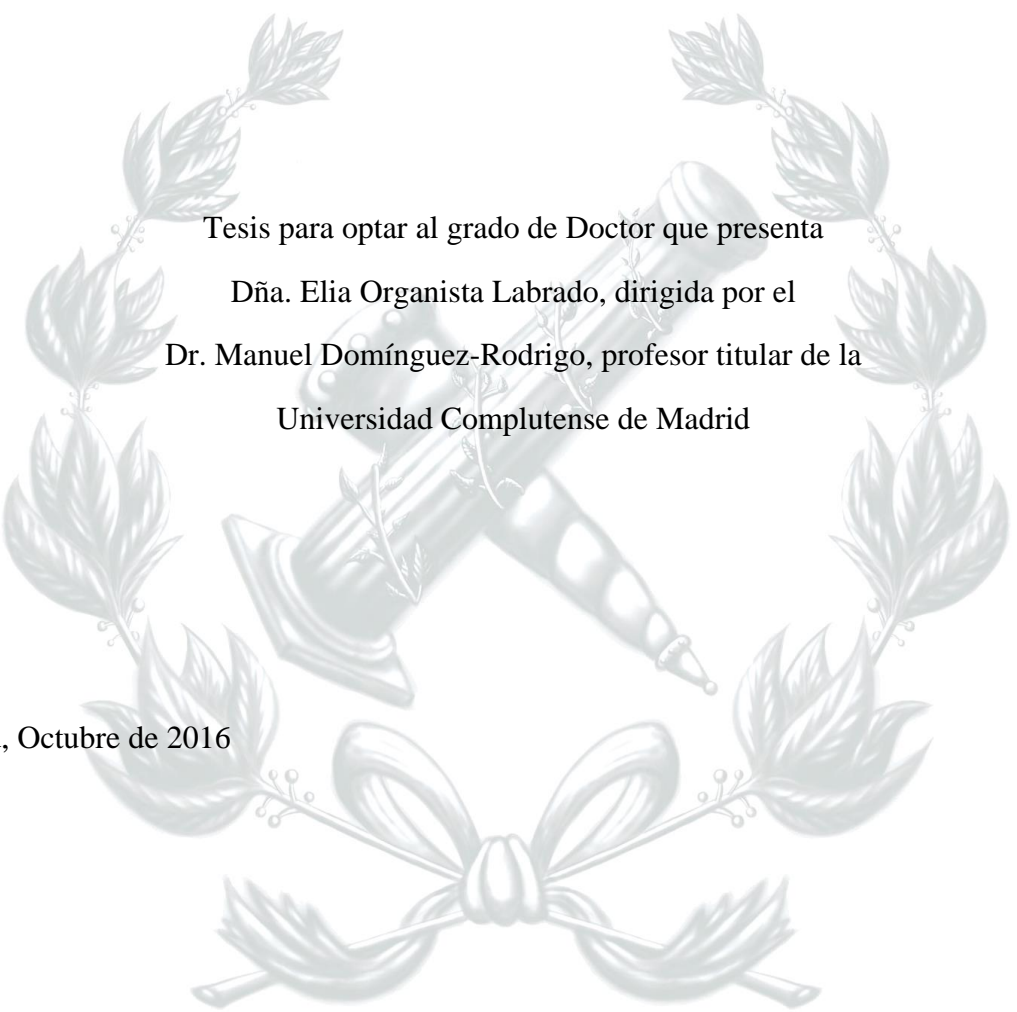
Programa de Doctorado en Historia y Arqueología

ELIA ORGANISTA LABRADO

Director:

DR. MANUEL DOMÍNGUEZ-RODRIGO

Departamento de Prehistoria
Facultad de Geografía e Historia
Universidad Complutense de Madrid



Tesis para optar al grado de Doctor que presenta
Dña. Elia Organista Labrado, dirigida por el
Dr. Manuel Domínguez-Rodrigo, profesor titular de la
Universidad Complutense de Madrid

Madrid, Octubre de 2016

Doctorando

Director

Fdo.: Elia Organista Labrado

Fdo.: Dr. Manuel Domínguez-Rodrigo



Agradecimientos

Quiero agradecer a mi director de tesis, Manuel Domínguez-Rodrigo, la confianza que depositó en mí al permitirme estudiar uno de los yacimientos más interesantes del Paleolítico inferior. Gracias por creer en mí y confiar en mis decisiones. A él y a José Yravedra he de agradecer su dedicación y apoyo durante la elaboración de este trabajo. Ambos han sido con su siempre inagotable energía y optimismo una fuente de inspiración y un ejemplo de entrega y trabajo a seguir.

He de agradecer a todo el equipo del Proyecto TOPPP y a todos los asistentes tanzanos por su labor en el trabajo de campo. Sin ellos este trabajo nunca hubiera podido llevarse a cabo.

Gracias a los codirectores Enrique Baquedano, Audax Mabulla y Manuel Domínguez-Rodrigo por darme la oportunidad de participar en las excavaciones de Olduvai que han sido una enorme experiencia para mí, tanto profesional como personalmente.

A mis compañeros José Yravedra, Mari Arriaza, Maicu Ortega, Agness Gidna, Julia Aramendi, Ainara y Lucia Cobo por su apoyo y compañía durante las campañas de excavación.

Gracias a Charles Egeland y David Uribe-larra por sus aportaciones que han hecho, indudablemente, mi trabajo más completo.

Brindo un especial reconocimiento a Maicu Ortega por su excelente labor como restauradora. Gracias a su trabajo he podido analizar abundantes restos óseos que se recuperaron en muy mal estado de conservación.

¡Ha sido un privilegio trabajar con todos vosotros!

A Mariano Padilla Cano del Museo de Anatomía Comparada de Vertebrados por su ayuda y amistad. A Hector Arraiz, Marta Pernas y Abel por sus enriquecedores comentarios.

También quiero agradecer a Mario Torquemada y Javier Trueba por las maravillosas fotografías que me han proporcionado.

A los alumnos del Grado de Arqueología de la UCM por la ayuda brindada en varios experimentos.

Gracias a Teresa Chapa, José Yravedra, Rosa Huguet, Jordi Rosell, José Manuel Maíllo, Jesús Álvarez Sanchís, Almudena Hernando, Ruth Blasco, Antonio Rodríguez Hidalgo, y Elena Santos por revisar esta tesis.

Igualmente quiero agradecer a Enrique Baquedano, Juan Luis Arsuaga y Alfredo Pérez González, al equipo de Pinilla del Valle y al resto de yacimientos con los que he tenido la fortuna de trabajar por su apoyo profesional, pero sobre todo personal.

Cristina Valdiosera, Ana I. Ortega, Elena Santos y Laura Rodríguez por sus consejos y ayuda en los momentos más cruciales.

A mi familia, mi familia política, mis amigos entre ellos Biliána y Rodrigo que siempre me han apoyado y reconfortado, y especialmente a Ricardo Rodríguez-Varela, por ayudarme desde el principio hasta el final, sabiendo que en todo momento han estado ahí para lo que necesitase.

Contenido

Contenido.....	6
Resumen	8
Abstract	10
Lista de figuras	12
Lista de tablas	20
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	24
1.1 Presentación	26
1.2 Objetivos	27
1.3 Marco teórico	27
CAPÍTULO 2. EL YACIMIENTO DE BELL KORONGO	30
2.1 INTRODUCCIÓN	32
2.2 ANTECEDENTES.....	35
2.2.1 Descubrimiento y primeras excavaciones.	35
2.2.2 Revisión de los materiales.....	37
2.2.3 Las nuevas excavaciones.	38
2.3 GEOLOGÍA.....	41
2.4 PALEOAMBIENTE.....	44
CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS	46
3. 1 LA EXCAVACIÓN	48
3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	49
3.2.1 Integridad del yacimiento	49
3.2.2 Análisis faunístico	53
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	64
4.1 RESULTADOS EN BK3b.....	66
4.1.1 La integridad del conjunto.....	66
4.1.2 Análisis Faunístico.....	71

4.2 RESULTADOS EN BK4ab.....	88
4.2.1 La integridad del conjunto	88
4.2.2 Análisis Faunístico	100
4.3 RESULTADOS EN BK4c.....	118
4.3.1 La integridad del conjunto	118
4.3.2 Análisis Faunístico	130
4.4 RESULTADOS EN BK5.....	146
4.4.1 La integridad del conjunto.	146
4.4.2 Análisis Faunístico	153
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	172
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	190
REFERENCIAS	194

Resumen

El yacimiento de Bell Korongo (BK) se localiza en la garganta secundaria de Olduvai (Tanzania), en la parte superior del lecho II y tiene una cronología de 1.34 Ma. (Domínguez-Rodrigo et al., 2013). El paleoambiente corresponde a una llanura fluvial donde se combinan hábitats boscosos y de pradera.

Las primeras excavaciones en BK fueron realizadas por Louis y Mary Leakey a mediados del siglo XX, quienes sacaron a la luz abundante material lítico y faunístico. Ambos investigadores determinaron que el conjunto de BK tenía un origen antrópico y correspondía a una acumulación resultado del consumo de carcasas por parte de los homínidos (Leakey 1954, 58, Leakey 1971).

Las revisiones llevadas a cabo sobre el material recuperado por los Leakey tanto en yacimientos del lecho I como del lecho II, ponen de manifiesto que muchos de los yacimientos considerados antrópicos son palimpsestos, resultado de la acción de los carnívoros y homínidos de manera independiente o con una interacción mínima. Por ejemplo, la mayoría de los yacimientos del lecho I (excepto FLK Zinj) corresponden a acumulaciones generadas por felinos (Domínguez-Rodrigo et al.

2007a). En el lecho II las acumulaciones óseas en algunos de los yacimientos clásicos se deben a muertes naturales o a la acción de los carnívoros (MNK Main y HWK East) con un impacto menor de los homínidos, aunque en algunos yacimientos determinar cuál fue el agente acumulador resulta difícil de discernir (FC West o TK) (Egeland et al, 2008; Yravedra et al 2015).

En el caso de BK las revisiones realizadas sobre el material de Mary Leakey indican que son los homínidos los agentes principales en la acumulación y explotación de los recursos (Monahan 1996; Egeland, 2007, 2008). No obstante, el método de documentación y recuperación del material arqueológico empleado por los Leakey, donde no se registró la dispersión vertical de los materiales y hubo una recogida selectiva de los restos óseos, imposibilita determinar los diferentes momentos de ocupación del yacimiento y las actividades que se desarrollaron en cada uno de ellos (Monahan 1996; Egeland, 2007; Organista et al., 2015).

El material analizado en el presente estudio tafonómico pertenece a las nuevas excavaciones llevadas a cabo en BK por el equipo del Proyecto de Paleoantropología y Paleoecología de

Olduvai (The Olduvai Paleoanthropology and Paleoecology Project, TOPPP). Este material carece de sesgo metodológico; todos los objetos han sido documentados en tres dimensiones, registrados y recuperados permitiendo determinar diferentes momentos de ocupación y las actividades realizadas en cada uno de ellos (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a; Organista et al. 2015).

Esta tesis plantea la contrastación de la hipótesis planteada para BK como un campamento base donde *Homo erectus* procesó y consumió grandes cantidades de carne. Para ello se han analizado los diferentes procesos tafonómicos reflejados en los principales niveles del yacimiento, haciendo especial hincapié al transporte por flujos de agua (debido al carácter fluvial del yacimiento) y a las modificaciones en las superficies óseas causadas por humanos y otros animales carnívoros.

Durante décadas se ha debatido sobre el modelo subsistencial de los primeros homínidos. El debate sobre la caza y el carroñeo ha producido abundante

literatura y ha dado lugar a la creación de diferentes marcos referenciales actualistas. La comparativa entre el material recuperado con los marcos referenciales actuales indican que BK es resultado de la acción de los homínidos quienes ocuparon reiteradamente el yacimiento a lo largo del tiempo.

Los homínidos de BK tuvieron un papel principal en la acumulación y procesamiento de carcasas correspondientes animales de diferentes tamaños. Si bien se observa una preferencia por los animales de tamaño grande como *Pelorovis*, *Syncerus*, *Elephas* o *Sivatherium*. El consumo de restos de megafaunas constituye un acontecimiento importante en la evolución humana, puesto que implica una conducta cooperativa que requiere de una capacidad de estrategia, organización, comunicación y esfuerzo colectivo. También se han documentado en los niveles analizados la actividad de carnívoros y la alteración por flujos hidráulicos aunque sin modificar las características originales del conjunto.

Abstract

The site of Bell Korongo (BK) has a chronology of 1.34 Ma. (Domínguez-Rodrigo et al., 2013) and it is located in the secondary gorge of Olduvai (Tanzania) at the top of bed II. The paleoenvironment of this site corresponds to a floodplain where forest and prairie habitats are combined.

The initial excavations in BK were conducted by Louis and Mary Leakey in the middle of the twentieth century. During this time, a series of findings were made, recovering abundant lithic and faunal material. The researchers determined that BK was an anthropic accumulation resulting from consumption of carcasses by hominins (Leakey 1954, 1958; Leakey 1971).

The first analysis on the material recovered by the Leakeys in deposits from bed I and bed II, show that many sites considered to be anthropic are instead palimpsests, resulting from carnivore and hominin independent activities or with minimal interaction. For example, most of the deposits of bed I (except FLK Zinj) correspond to accumulations generated by felids (Domínguez-Rodrigo et al. 2007a). Bone accumulations in some of the classic deposits from bed II, correspond to natural deaths or carnivore activities (MNK Main and HWK

East) with less impact from hominins. However, it is important to note that some times it is difficult to determine the cause of these accumulations in some sites (FC West or TK) (Egeland et al., 2008; Yravedra et al., 2015).

In the case of BK, the investigations conducted on Mary Leakey's material indicate that hominins were the main agents in the accumulation and exploitation of resources (Monahan 1996; Egeland, 2007, 2008). However, the method of recovery and recording of the material used by the Leakeys, where the vertical distribution of materials was not recorded and where there was a separated collection thereof, makes it impossible to determine the different phases of occupation of the site and the activities carried out in each one (Monahan 1996, Egeland, 2007; Organista et al., 2015).

The material analyzed in this taphonomic study belongs to the new excavations carried out at BK by The Olduvai Paleoanthropology and Paleocology Project, (TOPPP). However, as opposed to previous studies, this material does not present a methodological bias; all objects have been recorded in three dimensions, registered and collected enabling the identification of different phases of occupation and activities developed in each time

period (Dominguez-Rodrigo et al, 2009, 2014. Organista et al., 2015).

The aim of this thesis is to test the hypothesis of BK being a base camp where *Homo erectus* exploited large quantities of meat. In order to do this, different taphonomic processes have been analyzed in the main levels of the site, with particular emphasis to water flows transport (due to the fluvial character of the site) and to bone surface modifications caused by humans and carnivores.

The subsistence model of early hominids has been a subject of intense debate. The argument on hunting and scavenging has produced abundant literature and led to different frames of reference.

The comparison between the materials recovered with existing frames of reference indicate that BK is the result of hominin activities who occupied the site repeatedly over time.

The hominins from BK played a major role in the accumulation and processing of carcasses corresponding to animals of different sizes, with preference for large animals such as *Pelorovis*, *Syncerus*, *Elephas* or *Sivatherium*. The obtainment and consumption of megafauna is an important event in human evolution, since it involves cooperative behavior that requires a capacity of strategy, organization, communication and collective effort. In addition, carnivore activity has also been recorded in the stratigraphic levels analyzed in this thesis as well as

the alterations by hydraulic flows but without modifying the original characteristics of the assemblage.

Lista de figuras

Figura 2.1. Localización de la Garganta de Olduvai.

Figura 2.2. Esquema de la secuencia estratigráfica del lecho II, con sus cronologías y yacimientos.

Figura 2.3. Reconstrucción paleogeográfica de la cuenca de Olduvai durante la toba IIC y sobre la toba IID del lecho II (mapas obtenidos de Hay, 1976).

Figura 2.4. Plano de la Garganta de Olduvai con los emplazamientos arqueológicos y geológicos.

Figura 2.5. Molar y canino decidual de *Paranthropus boisei*. Foto: Mario Torquemada.

Figura 2.6. A. Boceto del yacimiento de BK (Leakey, 1971) con la localización de las trincheras excavadas por Louis Leakey (azul) y Mary Leakey (rojo). B: Cráneos de *Pelorovis* depositados en diferentes intervalos verticales (Leakey 1954). C: Sección del canal colmatado de arcillas donde se recuperaron abundantes restos de megafauna (Leakey 1971) Escala= 1m.

Figura 2.7. Varios artefactos líticos realizados sobre cuarzo y basalto clasificados como Olduvayense evolucionado tipo B.

Figura 2.8. Boceto del yacimiento de BK (Leakey, 1971) con la localización del área excavada por TOPPP (verde).

Figura 2.9. Distribución espacial del material arqueológico recuperado en los cuatro niveles documentados. Foto: José Yravedra.

Figura 2.10. Restos de *Paranthropus boisei*, correspondientes al individuo OH80, recuperados en el nivel BK4b. Foto. Mario Torquemada.

Figura 2.11. Distribución de los niveles geológicos en el área excavada entre 2006-2009 en BK (Domínguez-Rodrigo et al., 2009).

Figura 2.12. A: Sección estratigráfica a través del lecho II-lecho III y Ndotu en la garganta secundaria. B: Sección con las cuatro unidades identificadas en BK. C: Sección estratigráfica detallada de los diferentes niveles arqueológicos en BK.

Figura 2.13. Clúster del análisis jerárquico aglomerativo aplicado a varios parques nacionales de África que representan el paisaje boscoso y la sabana. Gráfico modificado de Domínguez-Rodrigo et al., (2014b).

Figura 2. 14. Imagen actual representando el posible ambiente de BK. Foto: David Uribe Larrea.

Figura 3.1. Boceto de Mary Leakey (1971) con las áreas de excavación en BK. Las trincheras coloreadas en azul corresponden a las excavaciones dirigidas por Louis Leakey. Las trincheras coloreadas en rojo corresponden a las excavacio-

nes dirigidas por Mary Leakey y las trincheras coloreadas en verde corresponden a las excavaciones dirigidas por Domínguez-Rodrigo.

Figura 3.2. Etadios de exposición subaérea según el ecosistema de Amboseli, Kenia (Behrensmeyer y Miller, 2012).

Figura 3.3. Diferentes grados de abrasión documentados en el yacimiento de BK. Foto izquierda: CP. Egeland, (2007).

Figura 3.4. Marcas producidas por pisoteo sobre un espécimen diafisario. Escala 1mm. Foto: Domínguez-Rodrigo et al., (2007a).

Figura 3.5. Marcas producidas por hongos. Foto: Domínguez-Rodrigo et al., (2007a)

Figura 3.6. Marca de corte con sus características. Foto: Fernández-Jalvo y Cáceres (2010).

Figura 3.7. Marcas de percusión. Foto: M. Domínguez-Rodrigo.

Figura 3.8. Marca de diente (surco). Foto: Domínguez-Rodrigo et al., (2007a).

Figura 3.9. Vista medular de una muesca completa mostrando las medidas aplicadas en esta tesis.

Figura 4.1.1. A: localización de BK. B: detalle de las zonas excavadas en BK (X indica la localización de la trinchera 4 excavada por Mary Leakey; Y corresponde a la trinchera excavada por TOPPP; y Z indica el lugar donde Louis Leakey realizo sus trincheras. C: La trinchera 4 mostrando el deterioro del nivel de exposición de Mary Leakey. D: detalle de la erosión sufrida por los fósiles en el nivel

de exposición. Imagen: Domínguez-Rodrigo et al., (2009a).

Figura 4.1.2. Sección estratigráfica detallada del nivel 3.

Figura 4.1.3. Estereograma que refleja la inclinación y la orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK3b. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

Figura 4.1.4. Diagrama de rosas indicando la orientación y la tendencia de la totalidad del conjunto (izquierda) y de los especímenes diafisarios (derecha).

Figura 4.1.5. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior al 0.2.

Figura 4.1.6. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

Figura 4.1.7. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y fractura.

Figura 4.1.8. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P= pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

Figura 4.1.9. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verdes: animales de tamaño medio. Azules: animales de tamaño grande.

Figura 4.1.10. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

Figura 4.1.11. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

Figura 4.1.12. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

Figura 4.1.13. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.1.14. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.1.15. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al.,

2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.2.1. Sección estratigráfica detallada del nivel 4a y 4b.

Figura 4.2.2. Distribución vertical de los restos óseos pertenecientes al nivel BK4a (rojo) y BK4b (azul).

Figura 4.2.3. Superficie de BK4ab mostrando los restos óseos (rojo) y las herramientas de piedra (azul). Escala = 1 m.

Figura 4.2.4. Patrón de puntos espacial en BK4ab mostrando las variaciones en la intensidad de material. Estimación de densidad de Kernel donde 1 es el valor para la desviación estándar de Gaussian *smoothing* Kernel (1dm).

Figura 4.2.5. Representación de la función *Allstats* mostrando los test K, F, G, y J. Todos ellos indican que hay un patrón aglomerativo en BK4ab.

Figura 4.2.6. Estereograma que refleja la inclinación y orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK4ab. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

Figura 4.2.7. Diagrama de rosas indicando la orientación uniforme de los datos y su tendencia.

Figura 4.2.8. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor *K* de concentración inferior a 0.2.

Figura 4.2.9. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

Figura 4.2.10. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y fractura.

Figura 4.2.11. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P= pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

Figura 4.2.12. Distribución espacial de los materiales arqueológicos en BK4ab (centro de la imagen). Los gráficos muestran la distribución de cada fragmento óseo de acuerdo con su longitud y la variable tafonómica seleccionada.

Figura 4.2.13. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verde: animales de tamaño medio. Azul: animales de tamaño grande.

Figura 4.2.14. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

Figura 4.2.15. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

Figura 4.2.16. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

Figura 4.2.17. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos lar-

gos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.2.18. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.2.19. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.3.1. Ortofoto de la superficie de BK4c mostrando los fósiles (rojo) y las herramientas de piedra (azul). Escala = 1 m.

Figura 4.3.2. Patrón de puntos espacial en BK4c mostrando las variaciones en la intensidad de material. Estimación de densidad de Kernel donde 1 es el valor para la desviación estándar de Gaussian *smoothing* Kernel (1dm).

Figura 4.3.3. Representación de la función *Allstats* mostrando los test K, F, G, y J. Todos ellos indican que hay un patrón aglomerativo en BK4c.

Figura 4.3.4. Sección estratigráfica detallada del nivel 4.

Figura 4.3.5. Estereograma que refleja la inclinación y orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK4c. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

Figura 4.3.6. Diagrama de rosas indicando la orientación preferente de los datos y su tendencia. Derecha: análisis aplicado sobre la totalidad del conjunto. Izquierda: análisis aplicado sobre los huesos largos apendiculares.

Figura 4.3.7. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior a 0.2.

Figura 4.3.8. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

Figura 4.3.9. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y tipo de fractura.

Figura 4.3.10. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P= pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

Figura 4.3.11. Distribución espacial de todos los materiales arqueológicos en BK4c (centro de la imagen). Los gráficos muestran la distribución de cada fragmento óseo de acuerdo con su longitud y la variable tafonómica seleccionada.

Figura 4.3.12. Diagrama de dispersión biespacial de las componentes *bootstrap* analizados en los huesos de BK4c mostrando la relación entre los marcos referenciales (Campamento Masai, conjunto no transportado y conjunto transportado) con respecto a la forma y composición de los huesos. Se muestran las elipses con el 95% del intervalo de confianza para los modelos referenciales (izquierda) y para la forma y composición de los huesos (derecha). La longitud de los ejes muestra la importancia de la contribución de cada variable a la inercia. La información sobre las variables se muestra en la Tabla 4.3.2.

Figura 4.3.13. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verde: animales de tamaño medio. Azul: animales de tamaño grande.

Figura 4.3.14. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

Figura 4.3.15. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

Figura 4.3.16. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

Figura 4.3.17. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del

hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.3.18. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.3.19. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.4.1. A. Boceto del yacimiento de BK (Leakey, 1971) con la localización de la trinchera excavada por TOPPP (rojo). B: Visual de la trinchera 14 desde el oeste. C: Superficie de excavación con los restos de una tibia de elefante y la localización de una de las trincheras excavadas por Louis Leakey (probablemente la trinchera 6). D: Detalle de la tibia de elefante (Organista et al., 2015).

Figura 4.4.2. Foto (izquierda) y planimetría (derecha) del área de excavación en la trinchera 14. En la esquina inferior derecha se observa parte de la trinchera 6 excavada por Louis Leakey.

Figura 4.4.3. Ortofoto de una de las superficies del nivel 5 excavadas en 2012. Escala= 30 cm.

Figura 4.4.4. Sección estratigráfica de BK5 en relación con los niveles suprayacentes.

Figura 4.4.5. Estereograma que refleja la inclinación y orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK5. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

Figura 4.4.6. Diagrama de rosas indicando la orientación uniforme de los datos y su tendencia.

Figura 4.4.7. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior a 0.2.

Figura 4.4.8. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

Figura 4.4.9. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y fractura.

Figura 4.4.10. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P= pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

Figura 4.4.11. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de *Peloro-vis*.

Figura 4.4.12. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia en BK5. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verde: animales de tamaño medio. Azul: animales de tamaño grande.

Figura 4.4.13. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

Figura 4.4.14. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

Figura 4.4.15. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

Figura 4.4.16. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.4.17. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 4.4.18. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas

(azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

Figura 5.1. Distribución vertical y horizontal de los materiales (hueso y lítica) georreferenciados en los diferentes niveles de BK. Escala= 1/1 m².

Figura 5.2. Remontaje de una epífisis distal de húmero (BK12-1304) junto con el extremo proximal de radio y ulna (BK12-1334a y BK12-1334b) pertenecientes a un *Sivatherium*.

Figura 5.3. Frecuencia de partes anatómicas en función del tamaño de carcasa para cada nivel de BK. Perfil anatómico obtenido por Capaldo (1998) para el modelo Homínido-Carnívoro.

Figura 5.4. Porcentaje (mínimo y máximo teniendo en cuenta los tres tamaños de carcasa) de marcas de corte, percusión y dientes presentes en las secciones diafisarias obtenidas para cada nivel arqueológico de BK.

Figura 5.5. Fémur con marca de corte perteneciente a un animal de tamaño 5 (probablemente *Sivatherium*) (BK10-4371b).

Figura 5.6. Fragmentos de costilla con marcas de corte (BK10-3351; BK11-5835.)

Figura 5.7. Marcas de corte sobre la primera falange de un bóvido de tamaño 3a (BK12-881; BK12-882; BK12-883).

Figura 5.8. Fragmento de húmero (BK11-7548) con marca de percusión correspondiente a un animal de tamaño 5 (Bunn, 1982).

Figura 5.9. Marcas de percusión realizadas con un percutor modificado sobre la diáfisis de un fémur perteneciente a un animal de tamaño 4 (BK12-1276).

Figura 5.10. Fragmentos diafisarios con fracturas en fresco correspondientes a megafauna.

Figura 5.11. Lascas de impacto correspondientes a carcasas de diferentes tamaños.

Figura 5.12. Costilla de un animal de tamaño medio con marca de diente (BK11-7295).

Figura 5.13. Patrón de fracturación documentado sobre tibias de équido y bóvido en BK4ab.

Figura 5.14. Tipos de muesca documentados en BK.

Figura 5.15. Fragmentos diafisarios con fractura en fresco mostrando el tipo 1 de circunferencia diafisaria (Bunn, 1982)

Figura 5.16. Análisis discriminante múltiple sobre la muestra de varios conjuntos experimentales *bootstrap* que representan: un acceso primario a carcasas descarnadas con herramientas de piedra reproduciendo el modelo H-C (rojo), un acceso secundario a carcasas variablemente descarnadas por félidos y aprovechadas posteriormente por homínidos e hiénidos, reproduciendo el modelo F-H-H (verde), y un acceso secundario a carcasas descarnadas por félidos y carroñeadas por homínidos representando el modelo F-H (azul). Las marcas de corte aparecen como las

variables más discriminantes. Nótese cómo la ubicación de los conjuntos de tamaño medio (amarillo) en BK (■= BK3b; ▲= BK4ab; ●= BK4c) representan el modelo Homínido -Carnívoro excepto en BK4ab que se localiza más próximo al modelo F-H-H. Los conjuntos de tamaño grande (negro) en BK (■= BK3b; ▲= BK4ab; ●= BK4c; ◆= BK5) representan el modelo Homínido -Carnívoro.

Lista de tablas

Tabla 4.1.1. Número mínimo de individuos documentados en BK3b.

Tabla 4.1.2. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.1.3. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.1.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.1.5. Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos

largos apendiculares) para cada tamaño de carcaca.

Tabla 4.1.6. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.1.7. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.1.8 Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcaca. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. *Los fragmentos diafisarios incluyen 3 y 18 especímenes indeterminados pertenecientes a carcacas de tamaño pequeño y medio respectivamente.

Tabla 4.1.9. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK3b según el tamaño de carcaca. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

Tabla 4.2.1. Número mínimo de individuos identificados en BK4ab.

Tabla 4.2.2. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del

mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.2.3. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.2.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.2.5. Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcasa.

Tabla 4.2.6. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.2.7. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.2.8. Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcasa. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. *Los fragmentos diafisarios incluyen 25 especímenes indeterminados pertenecientes a carcasas de tamaño pequeño (n= 4), medio (n= 16) y grande (n= 18).

Tabla 4.2.9. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK4ab según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

Tabla 4.3.1. Porcentajes de cada muestra utilizada en función de las diferentes características.

Tabla 4.3.2. Valores (descomposición de la inercia) de las variables (forma y composición de los huesos y los marcos referenciales) analizadas sobre los huesos de BK4c

Tabla 4.3.3. Número mínimo de individuos documentados en BK4c.

Tabla 4.3.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.3.5. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de

dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.3.6. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.3.7 Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcasa.

Tabla 4.3.8. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares).

Tabla 4.3.9. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.3.10. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK4c según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

Tabla 4.3.11. Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcasa. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. *Los fragmentos diafisarios incluyen 25 especímenes indeterminados pertenecientes a carcasas de tamaño pequeño (n= 6), medio (n= 6) y grande (n= 13).

Tabla 4.4.1. Número mínimo de individuos identificados en el nivel 5 de BK por Leakey y TOPPP.

Tabla 4.4.2. Número mínimo de especímenes identificados y estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en el conjunto *Peloro-vis*.

Tabla 4.4.3. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.4.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.4.5. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del

conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tabla 4.4.6. Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcaca.

Tabla 4.4.7. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.4.8. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Tabla 4.4.9. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK5 según

el tamaño de carcaca. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

Tabla 4.4.10. Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcaca. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. * Los fragmentos diafisarios incluyen dos especímenes diafisarios indeterminados.

Tabla 5.1. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en los diferentes niveles de BK, según el tamaño de carcaca. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

La Gran Falla del Rift, es una depresión que se extiende desde Mozambique hasta Siria como consecuencia de la separación de las placas tectónicas africana y arábica.

Los cambios acontecidos en el relieve a causa de este proceso tectónico, con el surgimiento de largas cadenas montañosas y altas planicies, fueron modificando los ecosistemas del este de África, que se volvieron cada vez más abiertos. La nueva orografía se constituye en una barrera natural que impide el paso de los vientos alisios del Índico y su mezcla con los vientos húmedos del Atlántico disminuyendo las precipitaciones y dando origen a un nuevo ecosistema, la sabana, hasta entonces representado marginalmente en el continente africano. En este nuevo ecosistema encontramos a los homínidos cuyas adaptaciones morfológicas y conductuales propiciaron su supervivencia en un medio donde la presión trófica era elevada y los recursos para un primate limitados y dispersos.

Asociados al género *Homo* surgen los primeros yacimientos arqueopaleontológicos de la humanidad. En los años 70 la acumulación de artefactos líticos y huesos de diferentes taxones sobre niveles arqueológicos con una misma cota vertical se interpretaron como suelos de ocupación (Leakey, 1971) o campamentos base (Isaac, 1978), resultado de la ocupación reiterada y del continuo transporte de alimento y material lítico por parte de los homínidos para su compartimiento (Isaac, 1978). Sin embargo, durante la década de

1980 se plantean nuevos modelos etológicos para interpretar el comportamiento socio-económico de los primeros homínidos. Estos modelos sostienen que el comportamiento hubo de estar más próximo al de otros primates y por lo tanto su actividad socio-económica habría de ser diferente. En este contexto surge el modelo de carroñeo marginal (Binford, 1981; Blumenshine, 1986, 1991, 1995), los escondrijos de piedra (Potts, 1988) o el modelo de acumulación accidental debido a la reincidencia en el uso de ciertos espacios (Sept, 1992). Los nuevos modelos plantean el debate sobre la capacidad de los primeros homínidos para acceder a las carcasas en un momento temprano (a través de la caza o del carroñeo de confrontación) (Bunn, 1995, 1996) o bien tuvieron un acceso secundario (carroñeo marginal) (Binford, 1981; Blumenshine, 1986, 1991, 1995).

Durante el lecho II superior (1.3 Ma.) en Olduvai encontramos un conjunto de yacimientos que proporcionan la oportunidad de comprender el comportamiento de los homínidos durante el período Achelense. En este periodo los homínidos ocupan diferentes ambientes y probablemente diversifican su comportamiento como se puede inferir en yacimientos con herramientas achelenses y sin relación directa con la explotación de fauna (ej., Tiongo Korongo) (Egeland et al., 2008; Yravedra et al., 2015). El amplio registro arqueológico de origen antrópico identificado en el lecho II superior (1.3 Ma.), que incluye el yacimiento de Bell Korongo (BK), brinda

la posibilidad de comprender el comportamiento de los homínidos durante este período, ya que contiene abundante material lítico y faunístico en varios niveles estratigráficos.

1.2 Objetivos

Las revisiones realizadas sobre los conjuntos faunísticos recuperados del lecho I de Olduvai han demostrado que la mayoría de los yacimientos son palimpsestos donde la relación entre la industria lítica y los restos óseos es nula y donde las acumulaciones de fauna fueron resultado de la acción de carnívoros (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). El mismo tipo de resultados se ha obtenido para algunos yacimientos del lecho II (Egeland, 2007, 2008) excepto en el caso del yacimiento de BK que ha demostrado tener un origen antrópico (Monahan 1996; Egeland 2007, 2008; Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a; Organista et al., 2015).

El método de recogida y documentación realizado por Louis y Mary Leakey en BK impide realizar interpretaciones precisas sobre el yacimiento (ver capítulo 2). No obstante, las nuevas excavaciones realizadas en BK (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a; Organista et al., 2015) ofrecen un conjunto faunístico donde todos los materiales han sido georreferenciados y recuperados permitiendo determinar los procesos tafonómicos que han actuado en su formación e inferir el modelo subsistencial de los primeros homínidos.

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas hasta el momento, los objetivos de esta tesis doctoral son:

Como objetivo general determinar a través del estudio tafonómico de los niveles arqueológicos 3b, 4, y 5, el papel desempeñado por los homínidos sobre la concentración fósil de BK.

Como objetivos específicos se plantea: determinar hasta qué punto las corrientes fluviales interfirieron sobre la integridad del registro fósil. Analizar cuál fue la actividad de los carnívoros sobre el yacimiento para ver si fueron o no responsables del sesgo esquelético. Por último, precisar las pautas seguidas por los homínidos en el procesado de las carcasas.

En definitiva, el presente trabajo tiene como objetivo contrastar la hipótesis de que BK es un campamento base resultado de la acumulación por parte de los homínidos de industria lítica y restos óseos pertenecientes a carcasas de diferentes tamaños y taxones. Se examina el posible sesgo ejercido por procesos naturales como el agua y por agentes bióticos no antrópicos como los carnívoros.

1.3 Marco teórico

Para poder inferir los procesos de formación del yacimiento y el comportamiento subsistencial de los homínidos se ha aplicado el análisis zooarqueológico y tafonómico.

La Tafonomía significa literalmente «ciencia que estudia las leyes del enterramiento» e implica el estudio de los procesos que afectan a los huesos desde que un animal muere hasta el momento en que es estudiado por un investigador. Estos procesos pueden ser biológicos, físicos y químicos. La Tafonomía aspira a explicar

cómo se produjo y qué modificaciones experimentó el registro fósil (Fernández-López, 2000). Por ello la Tafonomía está estrechamente vinculada al actualismo, que trata de alcanzar inferencias de procesos del pasado a partir de analogías con fenómenos documentados en el presente. Estas inferencias dan lugar a la creación de marcos referenciales que nos permiten comparar los modelos actuales con los obtenidos del registro fósil. Estas analogías tienen como objetivo entender los comportamientos representados y responsables del registro arqueológico.

Los principios teóricos que guían el actualismo fueron descritos en el ámbito académico anglosajón por la nomenclatura de Gifford (1981) quien dividió la analogía en formal y relacional. La analogía formal se consigue a través de la observación acrítica, mientras que la relacional solo se puede obtener a través de puentes inferenciales en los que los procesos se comprenden dentro de sus contextos. En el primer caso Gifford-González plantea cuatro categorías jerárquicas de análisis: marca, agente causal, efector y actor. En el segundo caso se plantean dos categorías el contexto comportamental y el contexto ecológico (Gifford-González, 1991).

Como la analogía se produce dentro de sistemas dinámicos, que dependen de la interacción entre la composición, entorno y estructura, para que dos sistemas sean análogos deben compartir la misma sustancia (los componentes que forman el sistema), entorno (contexto donde los componentes interactúan) y estructura (la relación de los componentes dentro de un sistema) (Bunge, 1981, 1985).



CAPÍTULO 2.
EL YACIMIENTO
DE BELL KORONGO

2.1 INTRODUCCIÓN

La Garganta de Olduvai se localiza al Norte de Tanzania, flanqueada por las extensas llanuras del Serengueti al Oeste y

las altas tierras del Ngorongoro al Este y al Sur (Fig. 2.1).

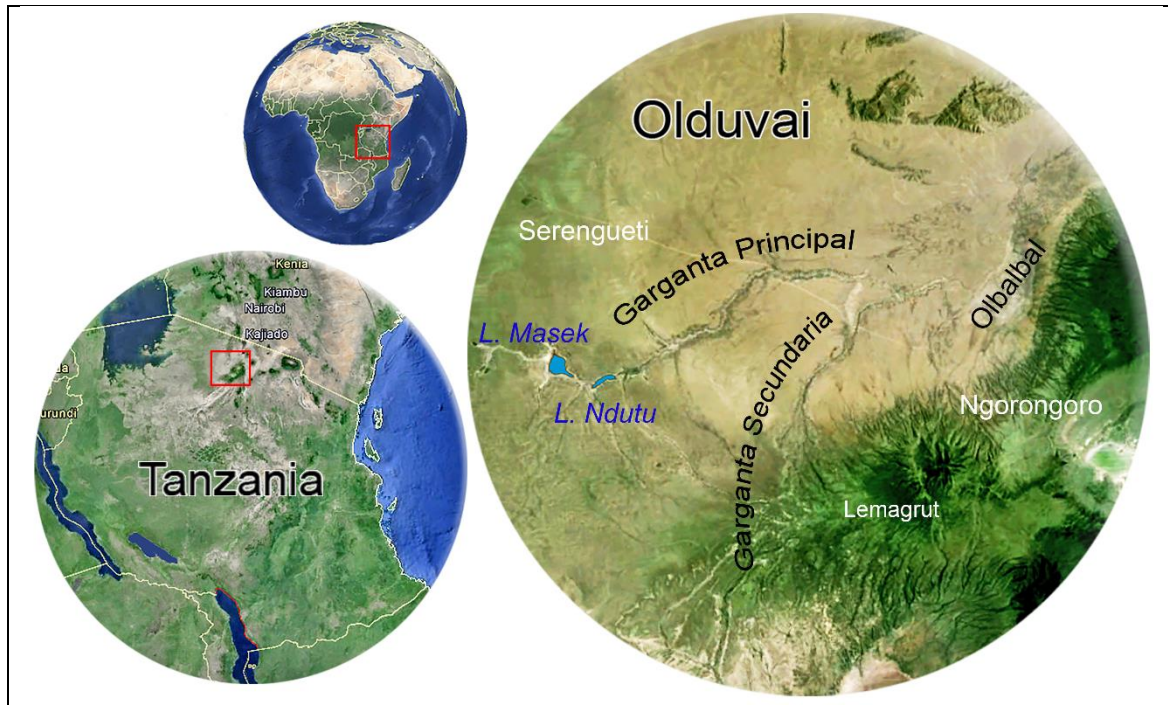


Figura 2.1. Localización de la Garganta de Olduvai.

Hace unos 200 mil años los ríos que nacen al Oeste, en el lago Ndutu (rio Olduvai) y al Sur, en la falda del Lemagrut (rio Kelogi), fueron excavando dos gargantas. La principal de 26 km de longitud, se extiende desde el lago Masek y Ndutu hacia el este hasta desembocar en la depresión del Olbalbal. Antes de alcanzar su desembocadura, a unos 9 km se encuentra la unión con la garganta lateral o secundaria que se extiende a lo largo de unos 14 km. En las paredes de ambos barrancos se pueden observar los diferentes niveles sedimentarios que llegan a alcanzar los 100 m de potencia.

Hans Reck (1933) clasificó los principales niveles estratigráficos en cinco lechos. Posteriormente Richard Hay (1976) amplió la estratigrafía a siete unidades:

- Lecho I (2.1 Ma. - 1.7 Ma.)
- Lecho II (1.7 Ma. - 1.15 Ma.)
- Lecho III (1.15 Ma. - 0.8 Ma.)
- Lecho IV (0.8 Ma. - 0.6 Ma.)
- Lecho Masek (0.6 Ma. - 0.4 Ma.)
- Lecho Ndutu (0.4 Ma. - 32.000 a.)
- Lecho Naisiusiu (32.000 a - 15.000 a.)

El yacimiento de Bell Korongo se localiza en el lecho II superior. Este lecho contiene una secuencia de hasta 30 m de espesor

donde aparecen representados seis tipos de ambiente de depósito diferentes: abanicos aluviales, llanura aluvial, lago, margen de lago, complejos eólicos y fluvio-lacustres (Hay, 1976). En general, los yacimientos arqueológicos ocupan una variedad de hábitats incluyendo los márgenes de lago y cursos fluviales; de hecho, el 90% de la fauna recuperada se encuentra en medios fluviales (Hay 1976).

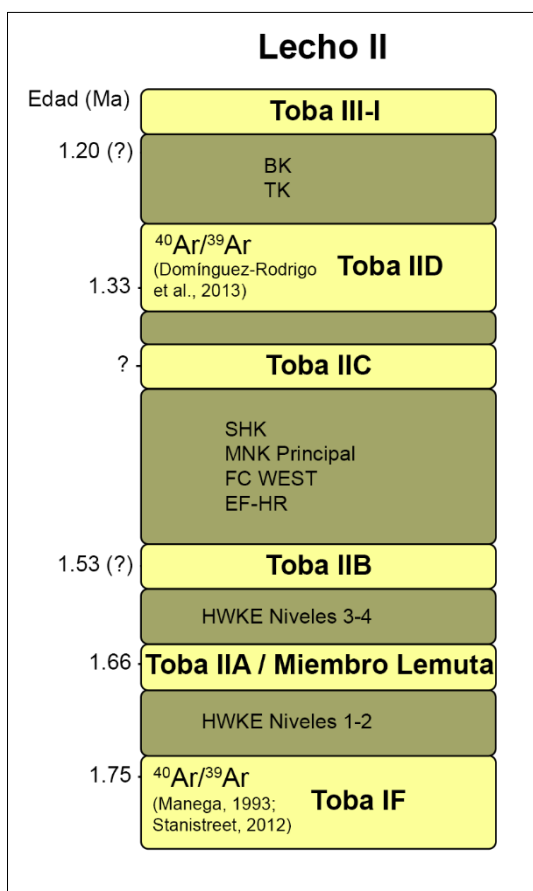


Figura 2.2. Esquema de la secuencia estratigráfica del lecho II, con sus cronologías y yacimientos.

Los cuatro marcadores tobaceos del lecho II son IIA, IIB, IIC y IID (Hay, 1976) (Fig. 2.2). La cronoestratigrafía de este lecho es difícil de obtener debido a que muchas de

las tobas se encuentran reelaboradas. Sin embargo, las fechas radiométricas de la parte inferior (Toba IF) y superior (Toba III-I) sugieren un rango de edad de alrededor de 1.75 a 1.30 Ma. (Stanistreet, 2012; Manega, 1993) (Fig. 2.2).

A lo largo del Pleistoceno la garganta de Olduvai, al igual que el resto del África oriental, muestra una tendencia hacia hábitats más secos y más abiertos (Sikes, 1994, 1999). Los restos de fauna (Greenwood y Todd, 1970; Leakey 1971; Brod-korb et al., 1982) y flora (Bonnefille y Riollet, 1980; Sikes 1994, 1999) apoyan esta teoría. Este cambio pudo deberse a pequeñas fallas que modificaron la forma del paleolago y redujeron los bordes de marisma incrementando las áreas de llanura (Hay, 1976).

Durante el lecho II inferior la cuenca de Olduvai contenía un lago salino y alcalino de tamaño variable (Hay, 1976) y un clima más húmedo que favoreció el surgimiento de bosques de ribera (Sikes, 1994). El miembro Lemuta (IIA) es un marcador tobaceo que se produce en torno a 1.65 Ma. y que refleja un periodo de aridez que provocó la disminución del paleolago y el aumento de las llanuras. A partir de 1.5 Ma. se vuelve a producir otro episodio de aridez provocando que el paleolago se expanda y contraiga sucesivamente (Hay, 1976; Hay y Kyser, 2001). Finalmente, durante el lecho II superior, en torno a 1.3 Ma. el paleolago desaparece y surgen pequeños estanques y marismas (Hay, 1976) (Fig. 2.3).

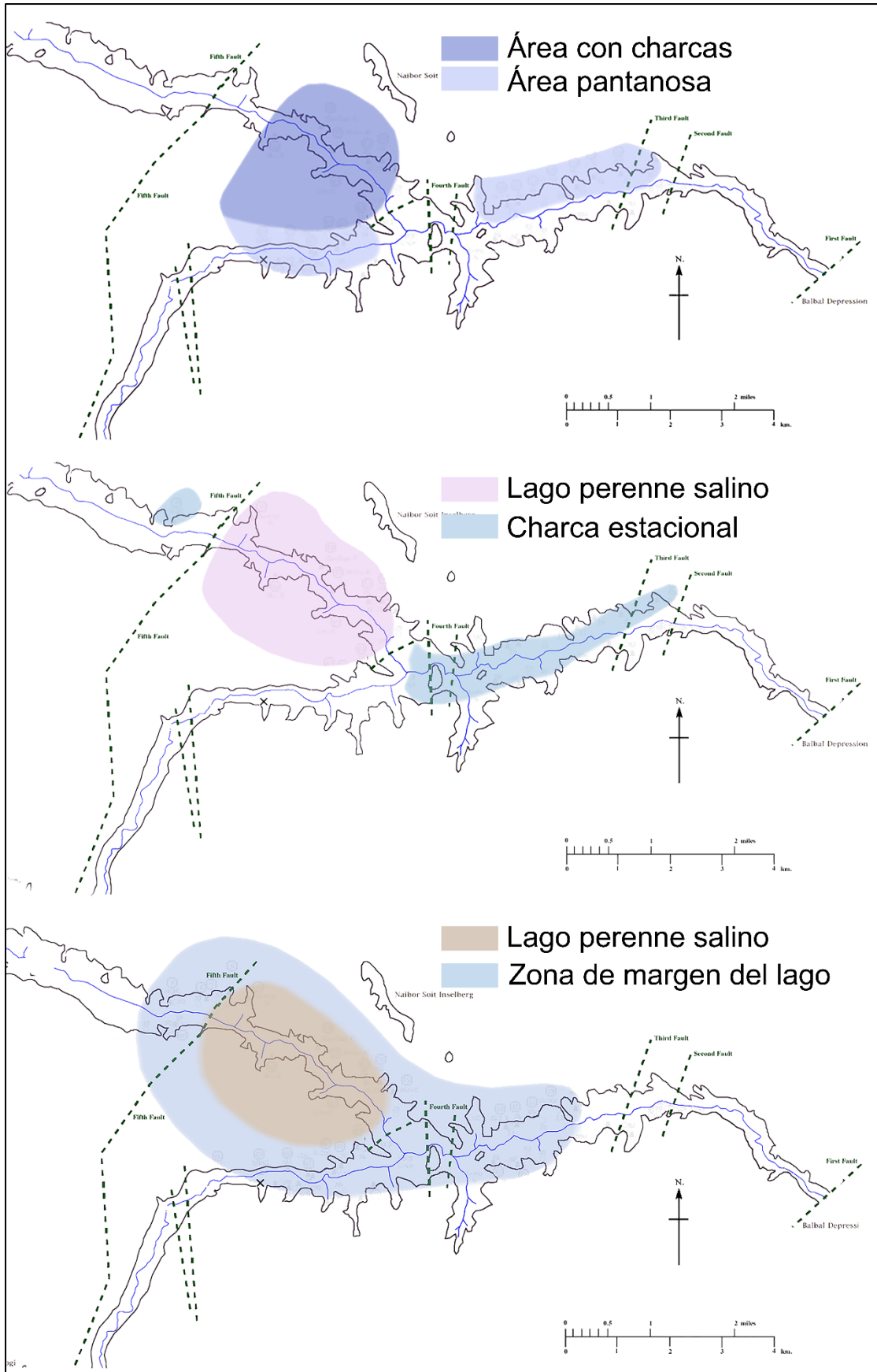


Figura 2.3. Reconstrucción paleogeográfica de la cuenca de Olduvai durante la toba IIC y sobre la toba IID del lecho II (mapas obtenidos de Hay, 1976).

2.2 ANTECEDENTES

2.2.1 Descubrimiento y primeras excavaciones.

El yacimiento de Bell Korongo (BK) fue descubierto en 1935 durante una expedi-

ción dirigida por Louis Leakey en la garganta de Olduvai. El emplazamiento fue catalogado como el yacimiento N° 66 y la localidad geológica N° 94 (Fig. 2.4) (Leakey, 1971).

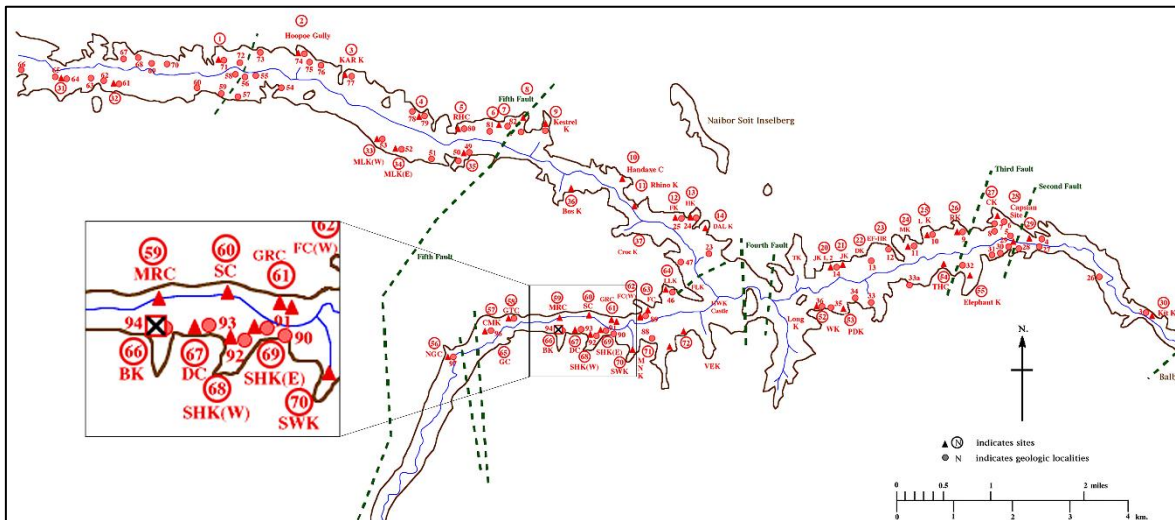


Figura 2.4. Plano de la Garganta de Olduvai con los emplazamientos arqueológicos y geológicos.

El yacimiento se localiza en la margen sur de la garganta secundaria, a unos 3 km hacia el oeste desde su confluencia con la garganta principal. El emplazamiento se extiende entre dos barrancos erosionados unidos por un pequeño cortado que corre paralelo al curso del río Kelogi. BK se sitúa en la parte superior del lecho II en conexión lateral con la Toba IID que fue datada en 1.2 Ma. (Leakey, 1971; Hay, 1976). En el cortado quedan expuestos los niveles correspondientes al lecho IV, III, II superior y parte del lecho II intermedio.

Entre 1952-1958 Louis Leakey dirige varias campañas de excavación selectiva en la zona oeste del yacimiento recuperando

abundantes restos fósiles, y dos dientes deciduales de *Paranthropus boisei* (Fig. 2.5) (Leakey 1958, 1971).



Figura 2.5. Molar y canino decidual de *Paranthropus boisei* descubiertos en BK en 1955 (Leakey, 1958). Foto: Mario Torquemada.

El conjunto de trincheras 5, 6 y 7 produjo abundantes restos de megafauna entre ellos un mínimo de 24 individuos pertenecientes a *Pelorovis oldowayensis*. Éstos

aparecieron en el relleno de arcilla de un canal que parecía representar una zona pantanosa cercana a un río (Leakey, 1971) (Fig. 2.6).

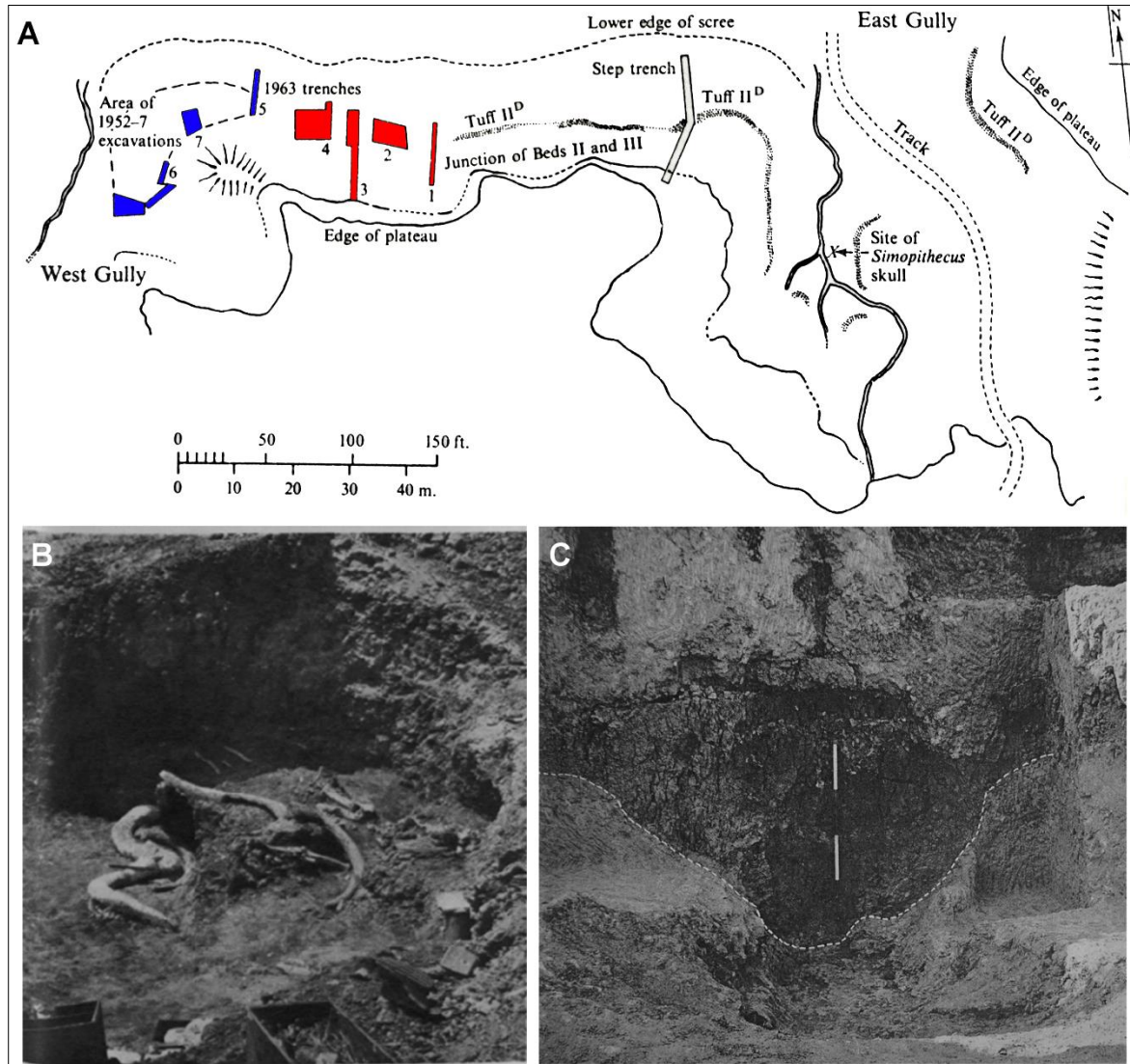


Figura 2.6. A. Boceto del yacimiento de BK (Leakey, 1971) con la localización de las trincheras excavadas por Louis Leakey (azul) y Mary Leakey (rojo). B: Cráneos de *Pelorovis* depositados en diferentes intervalos verticales (Leakey 1954). C: Sección del canal colmatado de arcillas donde se recuperaron abundantes restos de megafauna (Leakey 1971) Escala= 1m.

Uno de los *Pelorovis* tenía el esqueleto prácticamente completo, dispuesto verticalmente en el sedimento indicando que había muerto de pie tras haber sido encas-trado en el barro. El hecho de aparecer junto a un conjunto de industrias líticas hizo que este yacimiento fuese interpretado como la evidencia más temprana de

la matanza masiva de animales de gran tamaño (> 1000 kg). Los homínidos conducirían a los grandes búfalos a la zona pantanosa donde quedarían atrapados y allí les darían muerte (Leakey, 1954; Cole, 1963, Leakey, 1971). Esta propuesta mostraba una interpretación parecida a la que

el marques de Cerralbo a principios del siglo XX y posteriormente Howell propusieron para interpretar Torralba y Ambrona (Howell et al., 1963). Por otro lado, Leakey (1954) interpreto que los animales más pequeños fueron cazados en otro lugar y llevados al yacimiento, que posteriormente fue utilizado como campamento.

En la década de los 60 Mary Leakey plantea una nueva excavación en extensión en la zona este del yacimiento (Fig. 2.7). La excavación revelo un rico conjunto de fósiles donde bóvidos, équidos y suidos eran los grupos más abundantes. Junto a ellos se hallaron multitud de útiles líticos que fueron clasificados como Olduvayense Evolucionado tipo B (Fig. 2.6) (Leakey, 1971). El yacimiento fue interpretado como un suelo de ocupación junto a un río o pantano donde parte del material habría sido lavado por el cauce del agua (Leakey, 1971).



Figura 2.7. Varios artefactos líticos realizados sobre cuarzo y basalto clasificados como Olduvayense evolucionado tipo B.

2.2.2 Revisión de los materiales.

En 1996 Monahan publica los resultados del estudio tafonómico realizado sobre los materiales óseos recuperados por Mary Leakey (1971). Monahan analizo 2515 especímenes óseos obtenidos de un depósito de 1.5 m de potencia que no presentaba

ninguna diferenciación estratigráfica conteniendo sedimentos tobaceos, arcillas, limos, arenas y gravas (Leakey, 1971). Ante la ausencia de especímenes inferiores a 5 cm y la presencia de fragmentos pulidos, Monahan determinó que el conjunto era antrópico, y que había sufrido alteraciones por flujos de agua (Monahan, 1996).

A pesar del bajo porcentaje de marcas de diente (7.7%), corte (4.3% n= 46) y percusión (4.5% n= 49) documentadas por Monahan, BK se erige como el yacimiento con la mayor muestra de marcas antrópicas preservadas del lecho II. A través de su estudio Monahan infiere lo siguiente: que existe un acceso temprano a las carcasas, que el procesado de las carcasas se centra más en la carne que en la médula, y que se produce una explotación de diferentes taxones y tamaños de animales (sobre todo de tamaño medio y grande según la clasificación de Bunn, 1982).

Tras comparar el porcentaje de marcas antrópicas con las marcas de dientes sobre los huesos largos Monahan concluye que BK es un conjunto generado por los homínidos los cuales tendrían un acceso primario a las carcasas explotando su carne y médula. Posteriormente, tras su abandono, actuarían los carnívoros aprovechando los huesos (Monahan, 1996).

Egeland también revisa el material de Mary Leakey y al igual que Monahan registra una baja frecuencia de especímenes con marcas de dientes (<10%) corte (n= 33) y percusión (n= 17) (Egeland, 2007). A pesar de ello, BK se interpreta nuevamente como un conjunto homínido-carnívoro resultado de la carnicería repetida de cadáveres por los homínidos en un mismo lugar, con una posterior actuación de los carnívoros. Ambos autores, sin embargo,

observaron un bajo porcentaje de marcas antrópicas en comparación con los modelos referenciales homínido-carnívoro y con yacimientos antrópicos como FLK Zinj. También advirtieron de la profundidad del depósito que alcanza el metro y medio, sugiriendo que el conjunto podría ser el resultado de varios eventos deposicionales (donde diferentes agentes pudieron actuar) distribuidos a lo largo del tiempo.

El análisis de Egeland, hizo evidente que las propiedades tafonómicas del conjunto eran diferentes a las documentadas en la mayoría de los yacimientos del lecho I y II (Egeland, 2007; Domínguez-Rodrigo et al., 2007a; Egeland y Domínguez-Rodrigo, 2008). El factor antrópico parece haber sido más importante que en los otros yacimientos del lecho II que representan palimpsestos naturales (Egeland, 2007, Egeland y Domínguez-Rodrigo, 2008).

2.2.3 Las nuevas excavaciones.

En 2006 el Proyecto de Paleoantropología y Paleocología de Olduvai (TOPPP) reinicia las excavaciones en BK, en el área adyacente a las trincheras 1-4 de Mary Leakey (Fig. 2.8).

Se realizaron nuevas dataciones de la toba IID mediante el método radioisotópico $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obteniendo una edad de 1.353 ± 0.035 Ma. (Domínguez-Rodrigo et al., 2013).

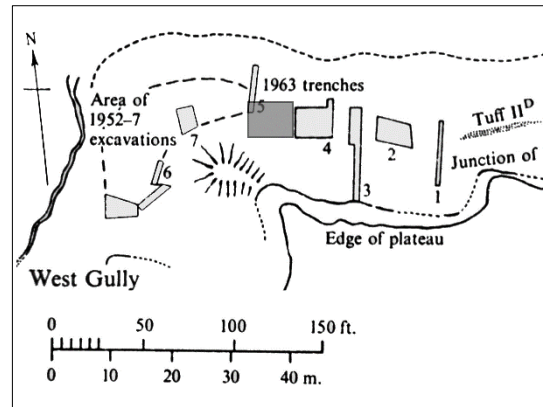


Figura 2.8. Boceto del yacimiento de BK (Leakey, 1971) con la localización del área excavada inicialmente por TOPPP (área sombreada).

Tras varios años de trabajo se identificaron cuatro niveles arqueológicos (Fig. 2.9).

Los niveles 1-3 tienen una profundidad variable que abarca desde 15 cm a 1 m, pero la mayoría del material aparece concentrado en 20-15 cm con una dispersión vertical limitada (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a). Los niveles 1 (BK1) y 2 (BK2) son probablemente el resultado de más de un episodio sedimentario. El nivel 3 (BK3) se correlacionó con el nivel de exposición documentado por Mary Leakey en la trinchera 4. El nivel 4 (BK4) muestra una alta densidad de materiales con una distribución vertical de fósiles y artefactos, esparcidos en 20-40 cm de profundidad dependiendo de la zona (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

Domínguez-Rodrigo et al., (2009a, 2014a) documentaron que el espesor del depósito en BK superaba el metro y medio establecido por Mary Leakey (1971). La potencia de los sedimentos arqueológicos variaba en función del lugar y llegaba a superar los tres metros en las zonas más alejadas del canal principal.

El material arqueológico está compuesto principalmente de restos óseos correspondientes a animales de tamaño medio y pequeño (ej. antílopes y alcelafinos) aunque también se documentaron algunos animales de tamaño grande (n= 6) (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a). Junto a los restos

faunísticos se hallaron abundantes artefactos líticos (n= 1575) como, por ejemplo, núcleos, percutores, lascas y un yunque (Diez-Martín et al., 2009). Al igual que en las excavaciones de Mary Leakey se hallaron restos de ave, huevos de avestruz y restos de ocre (Leakey 1971; Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a)

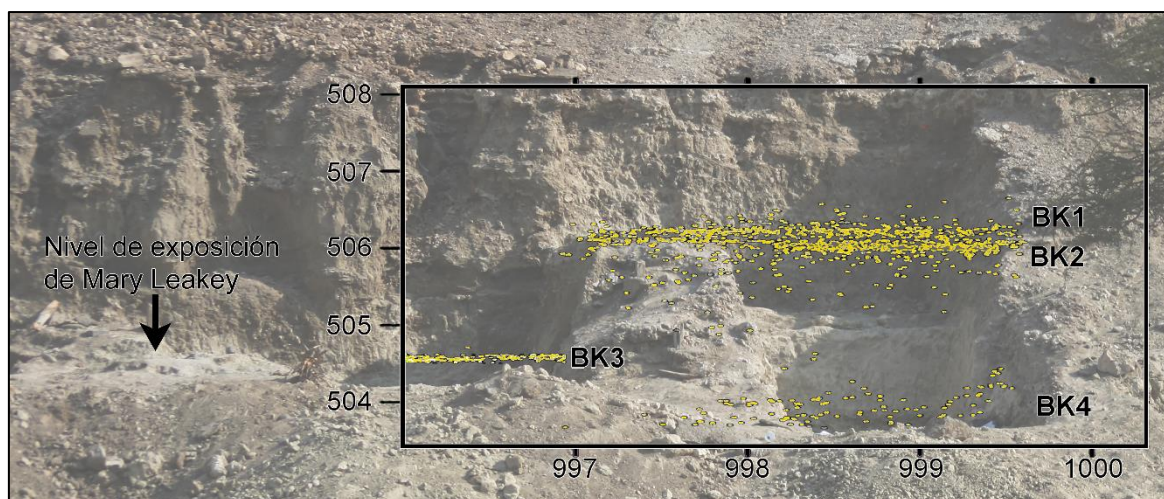


Figura 2.9. Distribución espacial del material arqueológico recuperado en los cuatro niveles documentados. Foto: José Yravedra.

El patrón esquelético representado en BK1-4 mostró que; o bien hubo un transporte selectivo de los cráneos y las extremidades completas con una menor devastación post-deposicional por carnívoros (eliminación de las epífisis de las extremidades y huesos compactos solamente) o, hubo un transporte de carcasas completas con una devastación intensa por carnívoros (eliminación de elementos axiales, epífisis de extremidades, y los huesos compactos) (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a).

Los porcentajes de marcas de corte (>10%) y de dientes (<10%) indican que los homínidos tuvieron un acceso primario a las carcasas inclusive a carcasas de tamaño grande (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a). De hecho, la cantidad de

carne que explotaban los homínidos en BK4b supera las evidencias documentadas para otros yacimientos del Pleistoceno inferior, incluyendo el yacimiento de FLK Zinj. Esto pone de relieve la importancia de la carne en la adaptación de los primeros homínidos sobre todo en la fase achelense (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

Durante la excavación del nivel BK4b se descubrieron 13 fragmentos óseos pertenecientes a *Paranthropus boisei* (Domínguez-Rodrigo et al., 2013). Los restos corresponden a diferentes piezas dentales y varios fragmentos post-craneales (Fig. 2.10). Húmero, radio y fémur muestran fracturas en fresco propias de la carga estática ejercida por algún carnívoro (Domínguez-Rodrigo et al., 2013).



Figura 2.10. Restos de *Paranthropus boisei*, correspondientes al individuo OH80, recuperados en el nivel BK4b. Foto. Mario Torquemada.

La estrecha relación espacial (vertical y horizontal) de estos fósiles y su estado de preservación apoyaron la hipótesis de que todos ellos pertenecían a un único individuo.

Tras el análisis de los restos concluyeron que se trataba de un individuo adulto masculino con una estatura mínima de 156 ± 3.91 cm y un peso entre 40-61,7 kg. Estos valores indican un claro dimorfismo sexual cuando se comparan con fósiles femeninos de esta especie (KNM-ER 1500) (Grausz et al., 1988). Las dimensiones de OH80 entran dentro del rango de variación de *Homo erectus*, aunque con diferencias morfológicas en la biomecánica de las extremidades inferiores. Las extremidades superiores son relativamente largas y poderosas. La epífisis proximal del radio, con la excentricidad lateral de la fovea articular, (similar a los póngidos e hilobátidos) implica una readaptación a la trepa y una capacidad de agarre y precisión similar a la de los miembros del género *Homo*. La morfología y el tamaño de estos fósiles sugieren que este homínido era extremadamente robusto, como pone de manifiesto las dimensiones del antebrazo que es el más robusto del Plioceno y Pleistoceno. Los restos óseos también indican

que *P. boisei* era bípedo y ocasionalmente arbóreo (Domínguez-Rodrigo et al., 2013).

2.3 GEOLOGÍA

Las campañas de excavación realizadas por TOPPP permitieron realizar una detallada reconstrucción de las dinámicas de sedimentación y erosión fluvial en BK.

Domínguez-Rodrigo et al., (2009a) documentaron 13 niveles geológicos (Fig. 2.11) y nuevos niveles arqueológicos.

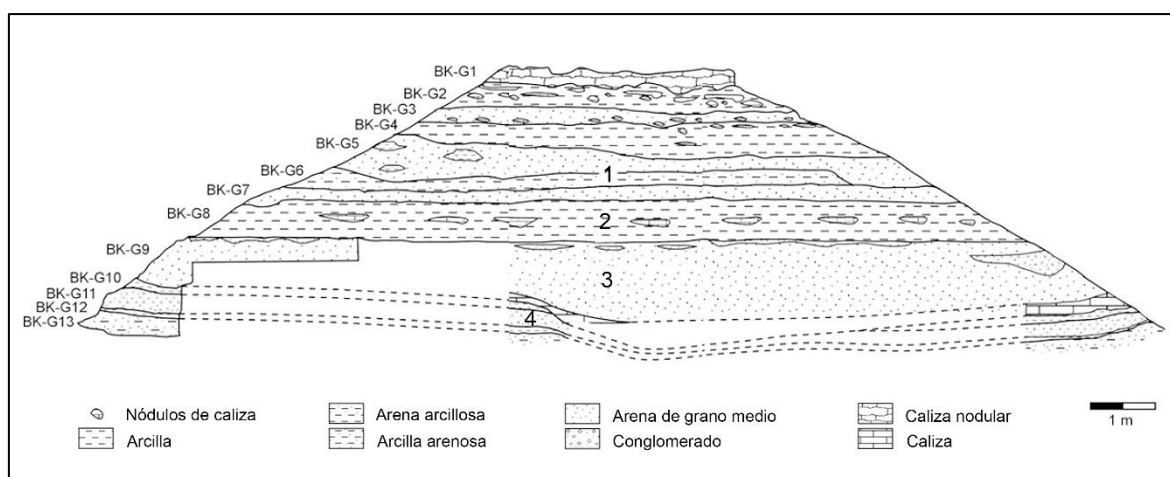


Figura 2.11. Distribución de los niveles geológicos en el área excavada en BK entre 2006-2009 (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a).

BK-G1: Caliza blanco-amarillenta con una superficie irregular y textura nodular.

BK-G2: Arcilla gris-verdosa con abundantes nódulos de carbonato, distribuidos aleatoriamente. Los primeros 30 cm de este nivel tienen arena cristalina de grano fino.

BK-G3: arena verde de grano fino con abundantes nódulos de carbonatos en la base que abarcan un máximo de 20 cm.

BK-G4: arcilla gris-verdosa con nódulos de carbonato en la parte superior. El contacto con la capa subyacente es más marcado en el este mientras que en el oeste es más gradual, con cantidades crecientes de arena.

BK-G5: arena de grano fino a medio con cristales de arcilla de proporciones variables.

BK-G6: arena arcillosa con raros nódulos de carbonato en la base.

BK-G7: arena gruesa de color verde. El contacto con el nivel superior es difuso.

BK-G8: arcilla gris-verdosa, incluyendo los parches fuertemente cementados a nivel medio. La arcilla cambia a marrón oscuro en la base.

BK-G9: arena amarillenta cementada. En la parte superior se distribuyen al azar de partículas gruesas cristal de arena. Este nivel muestra una morfología de tipo canal. La base está compuesta de piedra caliza

diagenética, que representa la precipitación de carbonato en la base del canal después de la sedimentación.

BK-G10: arcilla gris-verdoso.

BK-G11: Micro-conglomerado y arena de grano grueso. Grava que contienen pequeños guijarros redondeados de piedra caliza con cantidades más pequeñas de cuarzo y basalto. La matriz es una arcilla arenosa de color amarillo.

BK-G12: arcilla de color marrón claro con numerosas bioturbaciones ca. 1-2 mm de diámetro de forma irregular y distribución aleatoria.

BK-G13: arena arcillosa de color amarillo.

El ambiente sedimentario que creó esta secuencia fue probablemente un sistema aluvial distal, dado que la mayoría de los sedimentos son de grano fino. Incluso los micro-conglomerados son extremadamente pequeños y no se han observado grandes estructuras o canales. El sistema fluvial correspondería a la sección de un río cerca de una cuenca lacustre. Los nódulos de carbonato indican períodos de crecida, que a veces inundaron el yacimiento. La presencia de arcilla arenosa sugiere un entorno de márgenes fluviales, intermitentemente ocupadas por un canal efímero que con frecuencia cambiaba de dirección. BK1 se encontró en la unidad geológica G6, compuesta de arcilla arenosa. BK2 se encuentra dentro de G-7 (arena) y G8 (arcilla). BK3 se encuentra en G9 (arena) y BK4 incluye G10-13 (are-

nas y arcillas). La secuencia parece corresponder a una marisma cerca de la orilla de un abanico aluvial. Esto creó un ambiente de bajo relieve en el que los rellenos del canal formaron estratos superficiales y produjeron depósitos de inundación (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a)

Los materiales de BK se conservan en depósitos fluviales de baja energía que se encuentran dentro de un amplio canal que ha erosionado parte del lecho II superior, incluyendo la toba IID. El antiguo curso del río que fluía de sur a norte, en la actualidad solo es visible en la margen derecha del paleocanal. El corte del banco muestra una profundidad mínima de 4 metros y una anchura de 50 m, aunque parece ser más amplio y más profundo hacia el oeste. El relleno fluvial se compone de cuatro unidades sedimentarias que se superponen (Fig. 2.12). Las dos unidades inferiores (unidades 1 y 2) se ondulan suavemente inclinándose hacia el oeste y aumentando su espesor hacia la margen izquierda del paleocanal. Las unidades superiores (Unidades 3 y 4) rellenan por completo la base del canal extendiéndose sobre el banco. La Unidad 1 contiene los niveles arqueológicos 3, 4 y 5 y la unidad 2, los niveles 1 y 2. Las unidades 1, 2 y 3 muestran una secuencia de acreción lateral hacia el oeste donde la unidad 3 ha erosionado parcialmente la parte superior de la unidad 2. La unidad 2 a su vez ha erosionado parcialmente la unidad 1. La unidad 4 rellena por completo la cuenca del canal y se extiende sobre el banco (Domínguez-Rodrigo et al 2009a, 2014a; Organista et al., 2015).

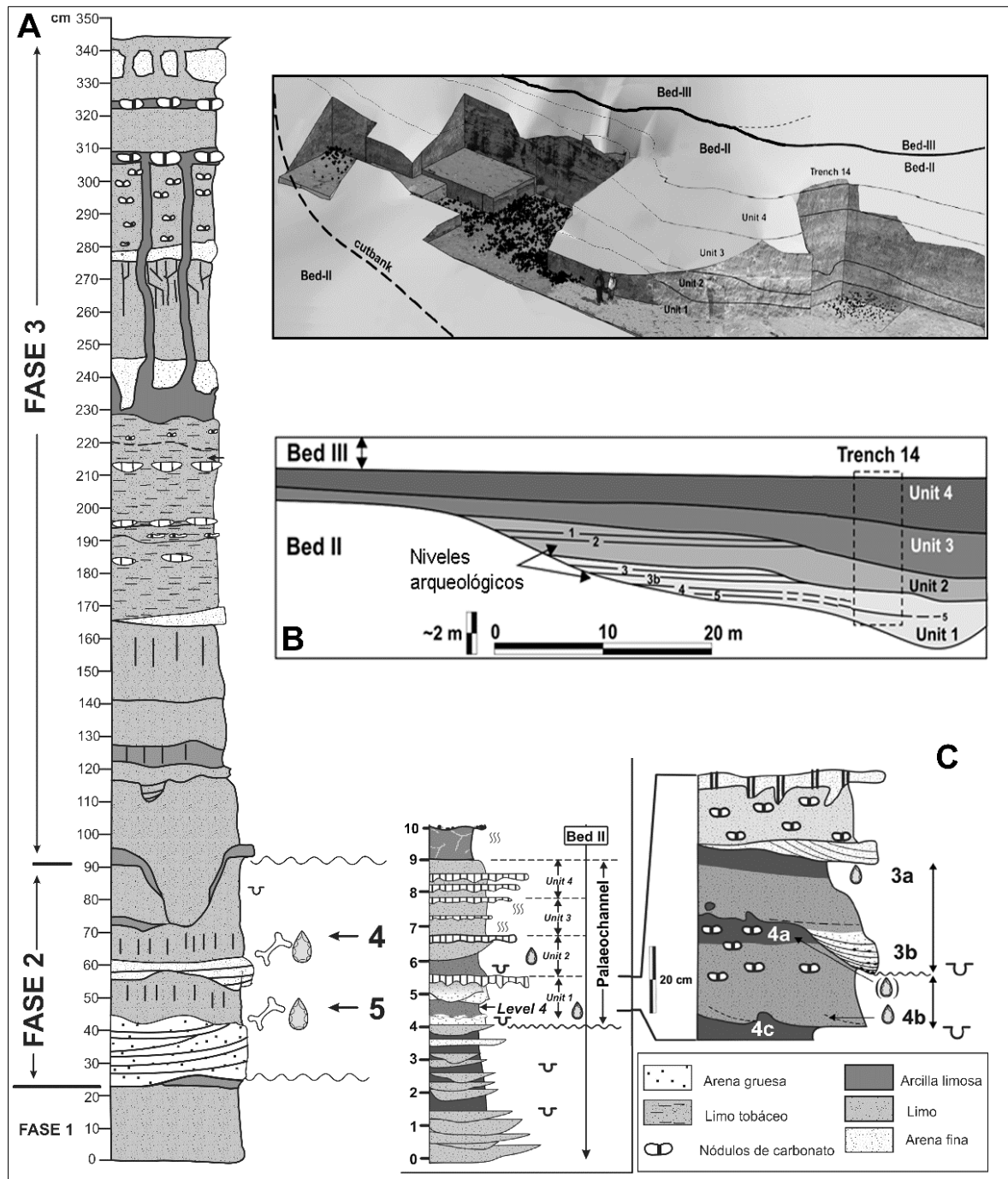


Figura 2.12. A: Sección estratigráfica a través del lecho II-lecho III y Ndotu en la garganta secundaria. B: Sección con las cuatro unidades identificadas en BK. C: Sección estratigráfica detallada de los diferentes niveles arqueológicos en BK.

2.4 PALEOAMBIENTE

La funcionalidad de un yacimiento no se puede entender sin conocer su contexto paleoecológico. La diversidad de taxones documentados en BK sugiere una variedad de hábitats, donde hipopótamos cocodrilos y aves anseriformes (Pernas-Hernández pers. com.) ponen de manifiesto la existencia de agua permanente. Por otro lado, la presencia de équidos, alcelafinos, tragelafinos y teropitecos sugieren un entorno abierto con bosques de ribera. Domínguez-Rodrigo et al., (2014b) compararon la diversidad de bóvidos presentes en

BK con las distintas tribus de bóvidos presentes en diferentes ecosistemas modernos del este de África con el fin de proporcionar un modelo ecológico. El análisis jerárquico aglomerativo que realizaron agrupó el conjunto de BK junto al Parque Nacional de Omo (Fig. 2.13) (Domínguez-Rodrigo et al., 2014b) que muestra unas características paisajísticas propias de la sabana pero que incluye varios tipos de hábitats como el bosque de ribera; las zonas arbustivas y de matorral y las llanuras.

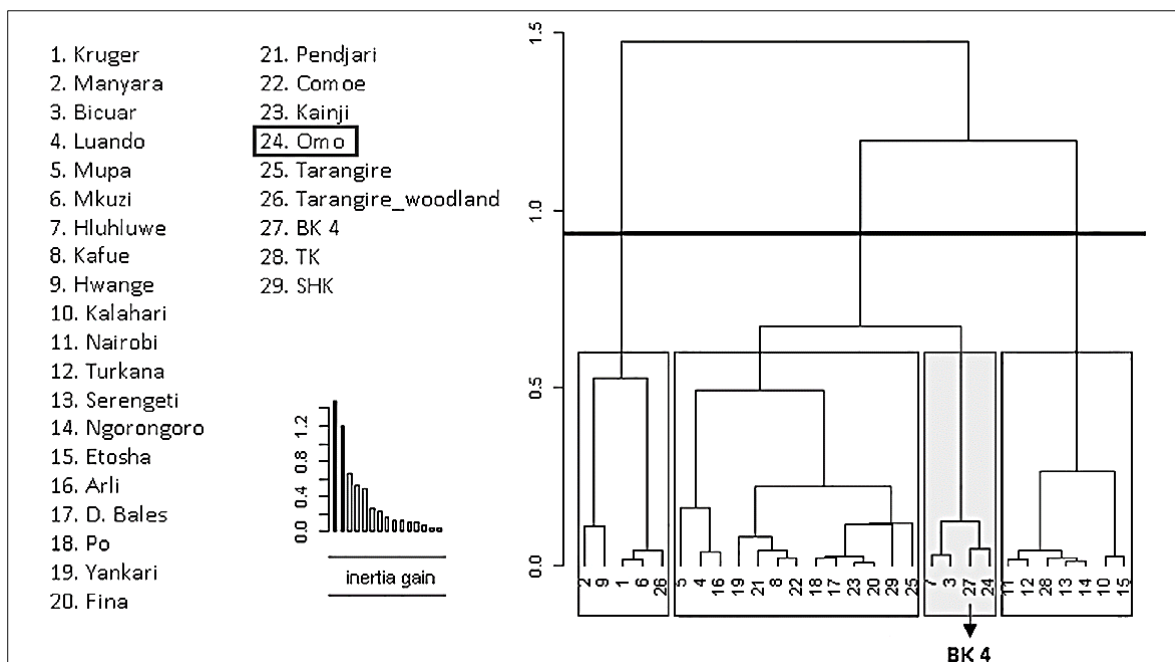


Figura 2.13. Clúster del análisis jerárquico aglomerativo aplicado a varios parques nacionales de África que representan el paisaje boscoso y la sabana. Gráfico obtenido y modificado de Domínguez-Rodrigo et al., (2014b).

Estos resultados sugieren que el paisaje de BK correspondía a una zona fronteriza entre un ecosistema predominantemente abierto y un ecosistema boscoso asociado a una zona fluvial (Fig. 2.14).

El análisis de fitolitos para los diferentes niveles de BK muestra una alta frecuencia de fitolitos no globulares indicando una mayor presencia de arbustos, árboles jóvenes o plantas dicotiledóneas no leñosas

(Arraiz-Rodríguez pers. com.). Esto sugiere que el entorno era bastante cerrado encajando con bosques de galería en ambientes fluviales. Los resultados se ajustan perfectamente con los resultados geológicos de BK. Sin embargo, no se ha podido determinar si la alta frecuencia de fitolitos globulares se debe a procesos tafonómicos, por lo que hay que ser cauteloso a la hora de realizar inferencias (Arraiz-Rodríguez pers. com.).



Figura 2.14. Imagen actual del Tarangirie representando el posible ambiente de BK. Foto: David UribeArrea.



CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 LA EXCAVACIÓN

En 2006 gracias al Proyecto de Paleoantropología y Paleoecología de Olduvai (TOPPP), se inician las nuevas campañas de excavación en BK. A partir de este año y hasta el 2012 se abren varias trincheras, la mayor parte de ellas en el área principal del yacimiento que corresponde con la zona excavada por Mary Leakey en los años 60 (Fig. 3.1). En esta área el equipo

descubrió 4 niveles arqueológicos. Un quinto nivel se documentó en la trinchera 14 situada en la zona oeste del yacimiento, junto a las trincheras excavadas por Louis Leakey en la década de los años 50 (Fig. 3.1).

El material analizado en la presente tesis corresponde a los niveles 3b, 4ab, 4c y 5.

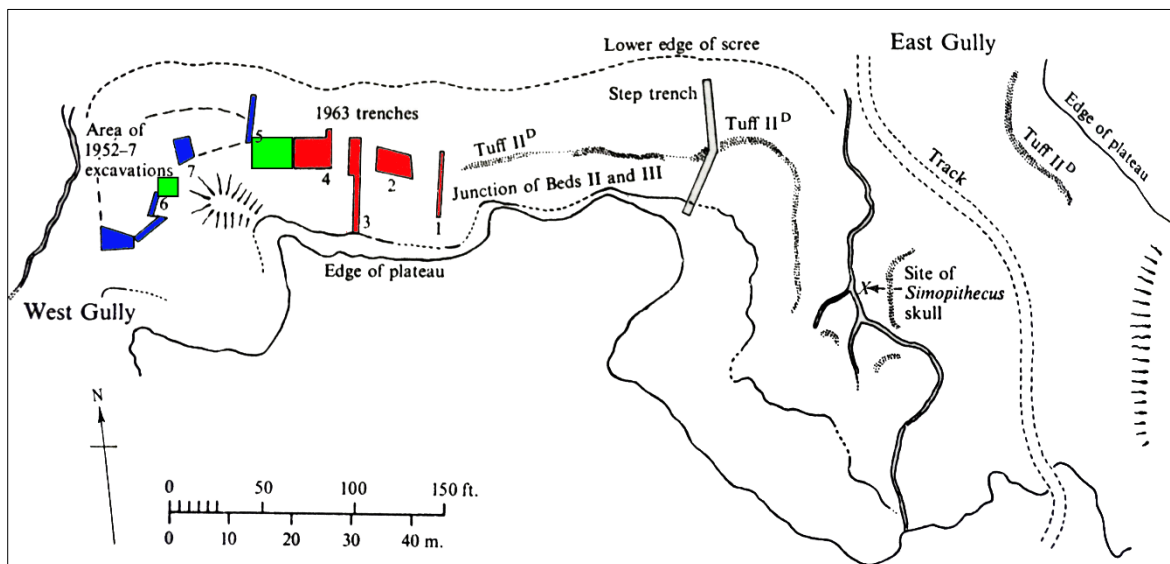


Figura 3.1. Boceto de Mary Leakey (1971) con las áreas de excavación en BK. Las trincheras coloreadas en azul corresponden a las excavaciones dirigidas por Louis Leakey. Las trincheras coloreadas en rojo corresponden a las excavaciones dirigidas por Mary Leakey y las trincheras coloreadas en verde corresponden a las excavaciones dirigidas por Domínguez-Rodrigo.

Las excavaciones se realizaron dividiendo el terreno en trincheras que en ocasiones se excavaron de forma escalonada permitiendo documentar varios niveles a la vez (BK1-BK4). Los niveles 4ab y 4c se excavaron en extensión alcanzando los 46 m² (BK4ab). La extracción de tierra se realizó mediante palillos de madera (en las zonas

de mayor densidad de material) y destornilladores. En ocasiones la carbonatación obligo a utilizar martillos para poder extraer los fósiles y artefactos líticos. En las zonas estériles se utilizaron piquetas y azadas. El sedimento fue cribado con mallas ≤ 5 mm y cada fragmento visible fue recogido. Durante la excavación se aplica-

ron protocolos de conservación (consolidación, engasado, etc.) para evitar la excesiva fragmentación de los fósiles.

A partir del 2011 las campañas de excavación incluyeron en su documentación la orientación y la pendiente de los materiales arqueológicos. Se utilizaron brújulas e inclinómetros para obtener el azimut y la inclinación de cada espécimen óseo y artefacto lítico (Voorhies, 1969; Fiorillo, 1991; Alcalá, 1994; Howard, 2007). Todo el material que mostro un eje longitudinal de al menos dos veces su anchura fue registrado. Como los objetos tienden a orientarse en función de sus ejes longitudinales (Toots, 1965; Voorhies, 1969; Domínguez-Rodrigo y García-Pérez, 2013) las mediciones se tomaron a lo largo de un eje A que divide el espécimen más o menos simétricamente a lo largo de su eje longitudinal.

Una vez expuesta el área de excavación se realizaron modelos digitales en 3d a través de fotografías. La técnica fotogramétrica permite una reconstrucción en 3d de los suelos excavados y la creación de una planimetría detallada del conjunto gracias a la obtención de ortofotos. Desafortunadamente, algunos ejemplares de más de 2 cm no pudieron ser representados in situ, porque estaban recubiertos por una matriz de carbonato cuya eliminación exige de un arduo trabajo de laboratorio. La importancia de la fotogrametría radica en que es una tecnología no invasiva y de bajo coste, que gracias a la obtención de imágenes que capturan un momento determinado del yacimiento, permiten su perfecta reconstrucción tras la excavación, favoreciendo su estudio, interpretación, conservación, divulgación y explotación cultural.

Todos los especímenes mayores de 2 cm y aquellos que siendo inferiores a esta medida, eran susceptibles de ser identificados fueron georreferenciados con estaciones totales para documentar su distribución espacial. El material indeterminado inferior a 2 cm, el material de criba y el pendiente de restauración, no se incluye en esta tesis.

3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.2.1 Integridad del yacimiento

Determinar si un conjunto está en posición primaria o secundaria es especialmente importante dado el contexto de deposición fluvial del yacimiento de BK. Los métodos utilizados en el presente estudio han sido diseñados para determinar el grado de integridad del yacimiento y los procesos de formación del mismo, haciendo hincapié en la contribución realizada por los diferentes agentes biogénicos y/o procesos geológicos.

Durante años, se han realizado trabajos experimentales encaminados a detectar las posibles alteraciones por agua (ej., Badgley, 1986a, 1986b; Badgley y Behrensmeyer, 1980; Behrensmeyer, 1975, 1982; Boaz, 1982; Boaz y Behrensmeyer, 1976; Coard, 1999; Coard y Dennell, 1995; Dodson 1973; Frison y Todd, 1986; Frostick y Reid, 1983; Gifford, 1977; Gifford y Behrensmeyer, 1977; Hanson, 1980; Isaac, 1967; Korth, 1979; Petraglia y Nash, 1987; Petraglia y Potts, 1994; Schick, 1984, 1987; Voorhies, 1969; Wolff, 1973). Estos experimentos en su mayoría fueron realizados con elementos completos que no reflejan la realidad de

un conjunto arqueológico, donde la mayoría de los elementos se encuentran fracturados. En los últimos años se han llevado a cabo nuevas experimentaciones con fragmentos de hueso refinando estos marcos referenciales (Pante y Blumenschine, 2010; Domínguez-Rodrigo et al., 2014c). Actualmente, gracias a una serie de variables tafonómicas, podemos analizar la posible distorsión de los procesos fluviales en cualquier conjunto dado. El presente estudio aplica esta información para inferir qué procesos han actuado en el yacimiento de BK y entender el papel que jugaron los homínidos en su formación.

La georreferenciación de los materiales ha permitido la aplicación de un análisis estadístico de los patrones de intensidad de material a través de sus coordenadas. La intensidad se define como la densidad media de cada punto (número de puntos esperado por cada unidad de área) y puede ser constante (homogénea) o puede variar de un lugar a otro (no homogénea). El análisis espacial asume que la distribución de los puntos es homogénea, patrón *Poisson* (tanto en su ubicación como en cantidad) y que la observación de un patrón no homogéneo rechaza la hipótesis nula de aleatoriedad. Para determinar si el patrón de densidad observado en un conjunto (intensidad) es homogéneo o no se ha realizado un análisis de Chi cuadrado basado en la cuantificación de puntos por cuadrantes (la fuerza de la prueba de Chi cuadrado depende del tamaño de los cuadrantes que está determinado por el investigador). La representación gráfica de la intensidad de material se ha calculado mediante la estimación de densidad de *Kernel* que genera una matriz de valores estimativos de inten-

sidad para cada punto dentro de una cuadrícula regular de localización (Baddeley y Turner, 2005).

Una vez determinado el tipo de patrón se aplicó el análisis *allstats* (englobando las funciones F, G, J y K) para concluir el tipo de interacción entre los puntos (materiales arqueológicos) que puede ser independiente, regular o aglomerativo (Baddeley y Turner, 2005).

Los análisis estadísticos se han realizado mediante el software RStudio (www.r-project.org) y la librería “spatstat” (Baddeley y Turner, 2005)

El análisis de la matriz sedimentaria donde los materiales arqueológicos aparecen contextualizados indica el tipo de ambiente en que se formó el depósito. Los sedimentos de grano grueso sugieren un contexto de mayor energía que los depósitos de limo y arcilla asociados a ambientes de baja energía (ej., Aslan y Behrensmeier, 1996; Badgley, 1986a, 1986b; Behrensmeier, 1975, 1982; Hanson, 1980; Korth, 1979; Schick, 1984).

Los flujos de agua pueden modificar la posición espacial de los materiales arqueológicos generando una orientación preferente de los restos (Badgley, 1986a, 1986b; Behrensmeier, 1990; Coard y Dennell, 1995; Domínguez-Rodrigo et al., 2014c; Isaac, 1967; Kreutzer, 1988; Schick, 1984; Toots, 1965; Voorhies, 1969) aunque esto también puede ser causado por otros procesos como la gravedad o el pisoteo (Kerbis-Peterhans, 1990; Domínguez-Rodrigo et al., 2012; Krajcarz y Krajcarz, 2013). El análisis combinado de la orientación y pendiente es un indicador de la dirección de un flujo de agua y de su intensidad en situaciones experimentales.

Un modelo para evaluar los datos circulares es la distribución de Von Misses. Para esta distribución la dispersión se cuantifica mediante los parámetros de fuerza (c) y valor (k) de la concentración, correspondiendo los valores entre 0 y 1 a una distribución isotrópica débil y los valores superiores a 1 a una tendencia hacia la anisotropía.

Los datos obtenidos de las orientaciones y pendientes se han representado gráficamente utilizando diagramas de rosetas (software Oriana™) estereogramas y diagramas de Woodcock (software OpenStereo).

La uniformidad de los conjuntos se ha evaluado estadísticamente mediante pruebas combinadas, capaces de detectar la isotropía o anisotropía. El test de Rayleigh (R) evalúa si el conjunto tiene una orientación preferente (Fisher, 1995). Los test de Kuiper (V) y Watson (W) se utilizan para determinar si hay más de una orientación preferente (Fisher, 1995) y para distinguir si la orientación del conjunto es bimodal o polimodal (Fisher, 1995). El tratamiento estadístico se ha realizado mediante el software RStudio (rproject) aplicando las funciones de "rayleigh.test", "kuiper.test" y "watson.test" obtenidas de la biblioteca R "circular".

El estudio de las frecuencias de especímenes óseos en función de su longitud nos informa de los posibles sesgos de preservación que han afectado al yacimiento. La ausencia o escasez de fragmentos de pequeño tamaño puede ser indicativo de la acción de un flujo de agua de media o alta energía (Badgley, 1968a; Domínguez-Rodrigo y García-Pérez, 2013; Pante y Blumenschine, 2010; Petraglia y Nash, 1987;

Schick, 1984, 1987) o a la falta de recuperación de estos fragmentos más pequeños durante el proceso de excavación. Ambos procesos producen un sesgo sobre la muestra.

Se ha examinado la distribución de los especímenes óseos según su longitud teniendo en cuenta:

1. El conjunto completo
2. Los huesos largos, ya que al tener una mayor densidad los procesos tafonómicos destructivos y las propiedades de transporte son diferentes que en los especímenes axiales (Domínguez-Rodrigo y Martínez-Navarro, 2012).
3. Los huesos largos fracturados en fresco, puesto que la fractura diagenética es muy común y tiende a sesgar la representación original de la muestra.

Los experimentos realizados por Domínguez-Rodrigo et al., (2014c) han demostrado que los conjuntos autóctonos pueden mostrar anisotropía. Para determinar si la anisotropía es el resultado del transporte de material por un flujo de agua o de una reorganización local de un conjunto autóctono es necesario analizar la distribución de los especímenes diafisarios. Dependiendo de la región anatómica y de la edad del animal, los huesos reaccionan de manera diferente ante un flujo de agua (Voorhies, 1969, Behrensmeyer, 1975; Kaufmann et al., 2011). Los huesos largos tienden a estabilizarse en dirección a la corriente de agua y a reubicarse rápidamente, además presentan un transporte diferencial dependiendo de su tamaño (Domínguez-Rodrigo et al., 2014c). Por ello se analizan los fragmentos diafisarios de manera independiente según su longitud,

tamaño de carcasa y preservación. La longitud de los especímenes se divide en tres categorías: pequeños de <30mm, intermedios de entre 31-60mm, y grandes que superan los 61mm.

El tamaño de carcasa se define siguiendo la división realizada por Bunn, 1982:

Pequeño	tamaño 1	< 50 kg
	tamaño 2	50-120 kg
Mediano	tamaño 3a	120-200 kg
	tamaño 3b	200-450 kg
Grande	tamaño 4	450kg-1T
	tamaño 5	1T-4.5T
	tamaño 6	> 4.5T

La presencia de especímenes diafisarios con buena preservación pertenecientes a todas estas categorías es indicativo de su autoctonía (Domínguez-Rodrigo et al., 2014c).

La documentación de abrasión y pulido en buena parte de un conjunto es considerado como un indicador del transporte de especímenes por un flujo de agua (Behrensmeier, 1975; Schick, 1984; Stein, 1987; Shipman y Rose, 1988; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). No obstante Thompson et al., (2011) mostraron que hay conjuntos no transportados, ubicados en contextos sedimentarios de arenas, que presentan especímenes con abrasión y pulido como resultado de la constante circulación de agua y sedimento. Por otro lado, la meteorización química y los procesos eólicos también pueden producir el mismo pulido que los flujos de agua (Borden, 1971; Schiffer, 1987). En aquellos niveles donde la presencia de agua fue clara se realizó un análisis tafonómico espacial de diferentes variables relacionadas con la alteración por flujos de agua. La distribución espacial de

los especímenes se llevo a cabo usando la librería “sp” de RStudio (r-project).

Varios investigadores han documentado que la forma y composición de un espécimen ejerce una fuerte influencia sobre si es o no transportado y cómo es transportado ej. rodando, saltando o por suspensión (ej. Schick, 1984, Visher, 1969; Reineck y Singh, 1980; Stein, 1987). Por ello en los niveles arqueológicos donde la presencia de agua ha sido detectada se ha determinado la forma y composición de los huesos siguiendo la metodología definida por Domínguez-Rodrigo et al. (2014c) que se expone a continuación.

La forma de los especímenes óseos se define como:

Plana: cuando el grosor del espécimen es inferior a 1/3 de su anchura.

Cubo: cuando el grosor del espécimen es mayor a 1/3 de su anchura.

Tubo: cuando el espécimen conserva el 100% de la circunferencia diafisaria.

La composición de los especímenes se divide en:

Trabecular: cuando el tejido esponjoso abarca más de 1/3 de la composición del hueso.

Denso: cuando el tejido denso ocupa más de 2/3 del hueso.

Los datos obtenidos se comparan con dos conjuntos experimentales, uno transportado y otro no transportado (obtenidos de Domínguez-Rodrigo et al., 2014c), y con un conjunto etnoarqueológico obtenido de un campamento Masai que no sufrió alteración hidráulica (Domínguez-Rodrigo y Martí, 1996). Los datos se tratan estadísti-

camente mediante un Análisis de Correspondencias (*Bootstrapped Confidence Regions for Correspondence Analysis*) (Rin-grose, 2012), usando la librería “caboot” de RStudio (r-project), que realiza un análisis de correspondencia en una tabla de contingencia de dos vías y produce regiones elípticas de confianza basadas en la rutina de fuerza alrededor de las coordenadas proyectadas para las diferentes categorías.

3.2.2 Análisis faunístico

Cuantificación

Las medidas de cuantificación empleadas en este estudio son: el número de restos recuperados independientemente de su identificación (NR), el número de especímenes identificados anatómica y taxonómicamente (NISP), el número mínimo de elementos (NME), el número mínimo de individuos (NMI), el número mínimo de unidades anatómicas (MAU) y el índice de uniformidad de Shannon.

En el presente trabajo ante la dificultad de poder determinar el taxón de todos los especímenes se ha determinado el tamaño de carcasa al que pertenecen siguiendo las categorías realizadas por Bunn, 1982. Los animales juveniles de tamaño 3, cuyo peso estimado es inferior a 100 kg, se han clasificado como animales de tamaño pequeño. La identificación de los especímenes recuperados se realiza dividiendo el esqueleto en tres regiones anatómicas: craneal (cuerno, cráneo y hemimandíbula), axial (vértebras, costillas, coxal y escápula) y apendicular (huesos de las extremidades). Estos últimos a su vez se dividen en tres grupos; miembros superiores

(húmero y fémur), intermedios (radio-ulna y tibia) e inferiores (metacarpo y metatarso) y los huesos compactos (cárpales, társales, rótulas y falanges). Las diáfisis se dividen en tres sectores; diáfisis proximal, diáfisis media y diáfisis distal, con independencia de las inserciones musculares. Para su identificación según tipo de elemento se han tenido en cuenta los criterios utilizados por Barba y Domínguez-Rodrigo (2005); las características de la superficie cortical, el grosor de la diáfisis, la morfología de su sección y las propiedades de la superficie medular. El NME se ha cuantificado teniendo en cuenta las diáfisis ya que los resultados difieren sustancialmente cuando éstas se utilizan o cuando no (Marean 1998; Marean y Kim 1998; Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). La estimación del NME, se ha realizado manualmente observando el tamaño del espécimen, lateralidad, edad, biometría, y solapamiento entre especímenes. Este enfoque integrador se aplica utilizando la división de secciones óseas propuestas por Patou-Mathis (1984, 1985); Münzel (1988); Delpeche y Villa (1993); e Yravedra y Domínguez-Rodrigo (2009). El NMI se ha calculado a partir del taxón, tamaño, edad, y lateralidad de cada elemento esquelético. En BK la alta frecuencia de dientes ha sido utilizada para determinar el NMI. Finalmente se ha cuantificado el número mínimo de unidades anatómicas (MAU). Esta unidad de medida fue desarrollada por Binford (1978) para identificar la preservación diferencial y el posible transporte de las partes esqueléticas. El MAU se calcula dividiendo el número de elementos para cada parte anatómica entre el número de veces que ese elemento está presente en un esqueleto. Para que estos datos fuesen funcionales Binford estableció el %MAU que consiste en otorgar al

MAU de mayor valor en el conjunto, el valor de 100, y en función de éste calcular el porcentaje de las demás partes.

Perfiles esqueléticos

Las estimaciones del NME, %MAU y el NMI son clave para el análisis de los perfiles anatómicos. Binford (1978) argumentó que las variaciones en las representaciones esqueléticas son resultado del transporte y la explotación diferencial de los recursos alimenticios por los homínidos. Estableció varias estrategias teóricas de transporte que se podían inferir al correlacionar los elementos anatómicos (%MAU) con sus índices de utilidad alimenticia (FUI o %MGUI).

Bulk: representa el transporte de todos los elementos (en proporción a su representación anatómica) pero con una menor frecuencia de elementos de baja calidad alimenticia.

Gourmet: representa el transporte de todos los elementos, pero con una mayor frecuencia de elementos de alta utilidad alimenticia

Unbiased: representa el transporte de los elementos en proporción directa a su utilidad económica.

Reverse gourmet strategy: representa el transporte de todos los elementos, pero con una menor frecuencia de elementos de alta calidad alimenticia.

No obstante, existen abundantes factores que pueden afectar a la representación de las partes anatómicas, como por ejemplo la conservación diferencial de los huesos, la compactación de los sedimentos (Klein y Cruz-Uribe, 1984; Marean, 1991), los

flujos de agua (Voorhies, 1969), la acción de los carnívoros (Brain, 1967, 1969, 1981; Capaldo, 1998; Marean et al., 1992; Pickering et al., 2003; Richardson, 1980), o la destrucción producida durante la excavación (Lyman, 1994; Marean, 1998; Marean y Kim, 1998; Domínguez-Rodrigo, 1999; Yravedra, 2000; Yravedra et al., 2002). Los trabajos experimentales han demostrado que hay una relación directa entre la densidad y la destrucción ósea (ej. Lam et al., 1998; Marean y Spencer, 1991; Voorhies, 1969). Por lo tanto, los elementos más densos (alta supervivencia) como el cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares, son los mejores candidatos para representar los perfiles esqueléticos (Marean y Frey, 1997; Cleghorn, y Marean, 2004, 2007).

Faith y Gordon (2007) señalaron que la abundancia de elementos esqueléticos se puede cuantificar mediante el índice de uniformidad de Shannon: $(\sum pi * \ln pi) / \ln S$. Donde pi es la representación proporcional de un elemento esquelético particular (medido por el número mínimo de unidades animales, MAU), y S es el número de tipos de elementos. Puesto que los huesos, tras su deposición inicial, son susceptibles a una serie de procesos tafonómicos que afectan a su supervivencia, esta fórmula cuantifica la uniformidad entre los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) ya que reflejan con mayor exactitud el estado original del conjunto. Los valores entre 0.0-0.95 indican una falta de uniformidad y por lo tanto un transporte selectivo de la carcasa, mientras que los valores entre 0.96-1.0 manifiestan una clara uniformidad e implican un transporte completo o ningún transporte de la carcasa (Faith y

Gordon, 2007). Si bien, para que los valores de uniformidad sean efectivos es necesario que la muestra supere los 30 elementos (Hair et al., 2009).

Basándose en la teoría del forrajeo óptimo, se observó que el grado en que los cazadores-recolectores seleccionan las carcasas para su transporte se ve reflejado en la uniformidad de la distribución de los especímenes de alta supervivencia. Por lo tanto, sí las decisiones de transporte están influenciadas por la distancia, la representación uniforme de huesos del cráneo y huesos largos de las extremidades, indicarían un transporte de la carcasa a corta distancia o ausencia de transporte (transporte no selectivo), mientras que la representación desigual implicaría un transporte a larga distancia (transporte selectivo). Ambos autores plantean una nueva estrategia de transporte sin restricciones (*unconstrained*) donde los elementos esqueléticos son transportados en igual frecuencia a su abundancia en el esqueleto e independientemente de su utilidad alimenticia. La distribución uniforme de los elementos representa un transporte completo o abandono completo de las carcasas. No obstante, hay que tener en cuenta que este método no considera un conjunto de variables que influyen en el comportamiento de los homínidos como por ejemplo el número de adultos que transportan los cadáveres, el tamaño del cadáver, la hora del día, el grado de hambre inmediato y las preferencias alimenticias del grupo (O'Connell et al., 1988, 1990; Metcalfe, 1989; Metcalfe y Barlow, 1992).

No obstante, hay que estar seguro de que las frecuencias obtenidas son el reflejo de las decisiones económicas y no el resultado de otros factores como la atrición, la preservación diferencial o la densidad

ósea. Los efectos de la atrición de carnívoros son estimados por la regresión y correlación de Spearman entre el porcentaje de MAU y el índice general de utilidad modificado (MGUI) o índice de utilidad alimenticia (FUI) obtenidos de Binford (1978) para carcasas de tamaño pequeño (oveja); Metcalfe y Jones (1988) y Outram et al., (1998) para carcasas de tamaño medio (caribú y équido); y ante la falta de análogos más adecuados para animales de tamaño grande como hipopótamos, elefantes o jiráfidos, se han aplicado los porcentajes de MGUI obtenidos del bisonte (Emerson, 1990).

Debido a que uno de los objetivos de la uniformidad y de los análisis económicos es entender las decisiones de transporte (Binford, 1978; Faith y Gordon, 2007), es importante el control de la densidad ósea ya que procesos destructivos como el consumo por carnívoros y/o flujos de agua tienden a eliminar o por lo menos a infra-representar la frecuencia de los huesos menos densos (axiales y epífisis de los huesos largos) (Voorhies, 1969, Brain, 1967, 1969; Marean y Spencer, 1991; Marean et al., 1992; Capaldo, 1998; Pickering et al., 2003). El efecto de las alteraciones sobre la composición de los conjuntos óseos se analiza a través de la correlación de Spearman entre el porcentaje de MAU y la densidad mineral en bruto de ñus, para carcasas de tamaño pequeño y medio (Lam et al., 1999), y bisontes, para carcasas de tamaño grande (Kreutzer, 1992). Dada la evidencia de destrucción ósea en función de la densidad, los análisis se aplican únicamente sobre los elementos de alta supervivencia como son los elementos craneales y los huesos largos de las extremidades.

A pesar de estos inconvenientes el estudio de la representación de perfiles esqueléticos nos permite aproximarnos a la comprensión de los procesos que han actuado en la formación del yacimiento y las estrategias de adquisición y transporte de las carcasas por parte de los homínidos.

Modificaciones de la superficie ósea

Las modificaciones de la superficie ósea permiten reconstruir la historia tafonómica de un conjunto dado, evaluando los procesos deposicionales y postdeposicionales que han intervenido en su conservación.

Se evaluó la preservación de la superficie ósea teniendo en cuenta los estadios de exposición subaérea (Behrensmeyer et al., 1986, 1989). La meteorización (*weathering*) ósea depende de los cambios de humedad y temperatura, la composición química del suelo y su vegetación (Behrensmeyer 1978; Frison y Todd 1986; Lyman y Fox 1989), que favorecen la descomposición del colágeno y la destrucción de hidroxiapatita (White y Hannus, 1983). Esto provoca la aparición de fisuras, exfoliación, grietas, fragmentación y descomposición de los huesos. Los trabajos de Behrensmeyer (1978) y Andrews (1990) nos permiten estimar el tiempo que han estado expuestos los restos óseos a la intemperie antes de su sedimentación. Behrensmeyer estableció 5 estadios de exposición (Figura 3.2). La documentación de diferentes estadios de exposición en un mismo conjunto indica que éste se ha generado en diferentes momentos y con una tasa de sedimentación muy lenta.

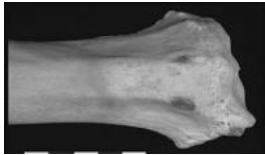
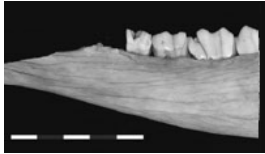
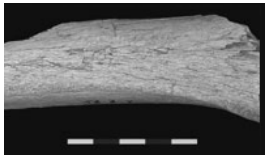
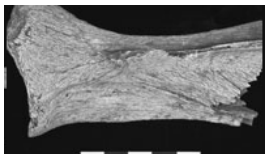


	Estadio 0. Ausencia de modificaciones.	< 1 año
	Estadio 1. Grietas longitudinales y alguna transversal al eje del hueso.	~0.6-2.5 años
	Estadio 2. Grietas más profundas y anchas apareciendo exfoliación.	~2-5 años
	Estadio 3. Desaparición de la cortical original mostrando una textura fibrosa.	~4-8 años
	Estadio 4. Grietas y exfoliación sobre la textura fibrosa.	~7-20 años
	Estadio 5. Grietas más profundas y exfoliación abundante. El hueso se deshace.	~10-25 años

Figura 3.2. Estadios de exposición subaérea según el ecosistema de Amboseli, Kenia (Behrensmeyer, 1978; Behrensmeyer y Miller, 2012).

Las reacciones químicas que se producen en un suelo dependen de ciertas circunstancias climáticas, ecológicas e hidrológicas (Brown, 1997). El material enterrado en ambientes fluviales o lacustres puede presentar carbonataciones producidas por

la disolución del carbonato cálcico como reacción ante la desecación del terreno. En BK se han documentado todos aquellos especímenes que mostraron restos de matriz de carbonatación cubriendo parte o la totalidad de la superficie del hueso.

La abrasión se produce como resultado de la fricción constante de partículas de sedimento sobre la superficie del hueso. Generalmente son las partículas de sedimento contenidas en el agua las que producen el pulido de las superficies óseas (aunque el viento también puede erosionar los huesos) (Shipman y Rose, 1984, Behrensmeyer, et al., 1989, Gifford-González, 1989,

Brett, 1990, Behrensmeyer, 1991). La abrasión por flujos de agua puede producirse de dos formas distintas: por el transporte de los elementos óseos (Behrensmeyer, 1975; Schick, 1984; Stein, 1987; Shipman y Rose, 1988; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003) o por el contacto de las partículas sedimentarias suspendidas en el agua con los elementos óseos *in situ* (Thompson et al., 2011). En el primer caso la abrasión se documenta en toda la superficie del hueso y en el segundo la abrasión solo afecta alguna de sus superficies (Fig. 3.3) (Thompson et al., 2011).

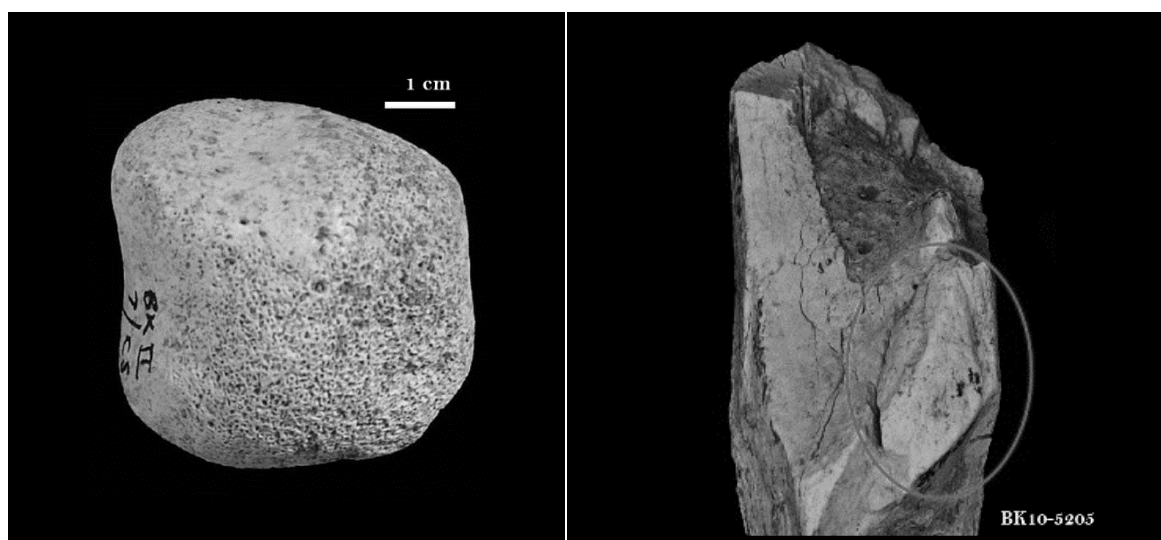


Figura 3.3. Diferentes grados de abrasión documentados en el yacimiento de BK. Foto izquierda: CP. Egeland, (2007).

Las corticales han sido examinadas con lupas de mano de 10 a 40 aumentos bajo una fuerte luz oblicua. Se han identificado varios tipos de marcas: pisoteo (*trampling*), microabrasión, marcas bioquímicas, corte, percusión y dientes. Se ha aplicado un “enfoque configuracional” donde además de los factores anteriores se tuvo en cuenta la morfología de la marca, su ubicación anatómica y el contexto sedimentario del espécimen (Binford, 1981; Binford y

Stone, 1986; Bunn, 1981, 1991; Bunn y Kroll, 1986; Blumenschine, 1995; Domínguez-Rodrigo y Barba, 2005; Fisher, 1995; Pickering y Wallis, 1997; Pickering et al., 2000, 2004; White, 1992).

Las marcas de pisoteo o *trampling*, son un tipo de alteración que se produce por el roce de las partículas sedimentarias sobre la superficie ósea (Brain, 1967, 1981; Haynes, 1988). La presión ejercida por el

pisoteo provoca que el sedimento en contacto con el hueso cree incisiones poco profundas, de longitud y anchura variable, con una trayectoria curva o sinuosa que se orientan de forma aleatoria sobre el hueso (Fig. 3.4) (Brain, 1967, 1981; Andrews y Cook, 1985, Behrensmeyer et al., 1986, Fiorillo, 1989, Domínguez-Rodrigo et al., 2009b). En ocasiones aparecen micro-muestras en los planos de fractura (Blasco et al., 2008) y sí el sedimento es grueso puede llegar a producir la fragmentación del hueso (Yravedra, 2006).

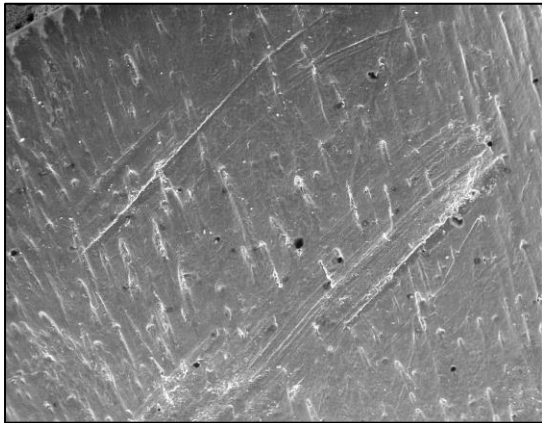


Figura 3.4. Marcas producidas por pisoteo sobre un espécimen diafisario. Escala 1mm. Foto: Domínguez-Rodrigo et al., (2007a).

Las modificaciones generadas por raíces, hongos y bacterias se deben al contacto de éstas con la superficie del hueso generando la secreción de ácido húmico que altera la composición química del hueso. Estas modificaciones comienzan con un cambio en la coloración del hueso para posteriormente ir eliminando capas corticales que generan fosas y surcos ramificados de longitud, profundidad y anchura variable con fondos redondeados (Fig. 3.5) (Binford, 1981; Domínguez-Rodrigo y Barba, 2006; Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). La composición del suelo y su pH también pueden producir la corrosión química

del hueso, pero con un origen inorgánico, ofreciendo un mayor grado de afección los suelos ácidos (Fernández-Jalvo, 1992).

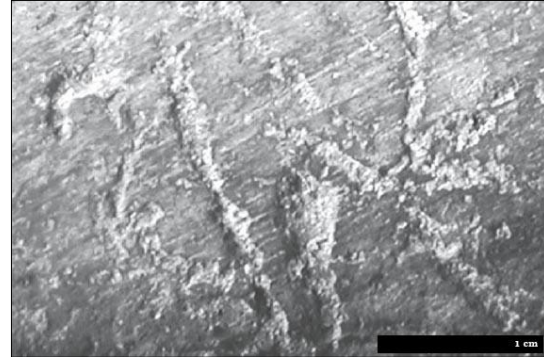


Figura 3.5. Marcas producidas por hongos asociados a raíces. Foto: Domínguez-Rodrigo et al., (2007a)

Para la identificación de las marcas de corte se ha seguido la descripción realizada por Bunn (1981), Shipman y Rose, (1983), Domínguez-Rodrigo (1997a, 2002) Domínguez-Rodrigo et al., (2009b). Las marcas de corte se definen como incisiones de trayectoria recta que se encuentran paralelas, oblicuas o perpendiculares al eje del hueso. Su sección es en “V” por lo tanto son más profundas que anchas y en su interior pueden aparecer microestriaciones paralelas a la incisión resultado de las irregularidades del filo del instrumento cortante. Es recurrente encontrar el “efecto hombro”, estrías poco profundas que se encuentran en paralelo o en intersección con la incisión principal y que se encuentran a una distancia menor o igual a 0.02 mm. Las *barbs*, son pequeñas estrías que divergen al principio y al final del surco principal. Y los conos hercinianos son levantamientos que se producen como consecuencia de la resistencia de la superficie ósea con respecto a la acción de cortar (Fig. 3.6). Las marcas de corte se han

registrado por elemento y sección ósea siguiendo el protocolo de Domínguez-Rodrigo (1997a).

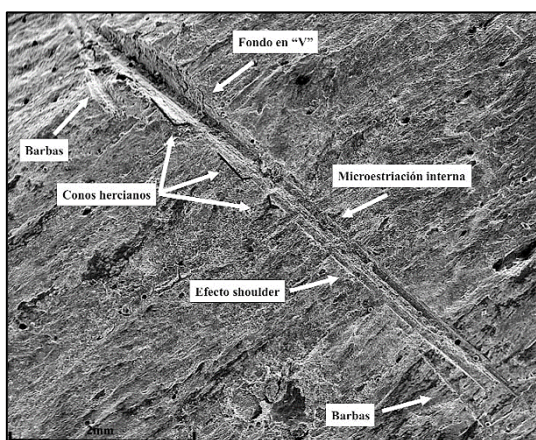


Figura 3.6. Marca de corte con sus características. Foto: Fernández-Jalvo y Cáceres (2010).

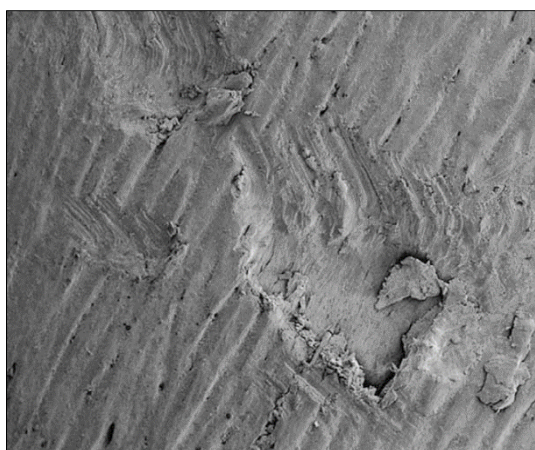


Figura 3.7. Marcas de percusión. Foto: M. Domínguez-Rodrigo.

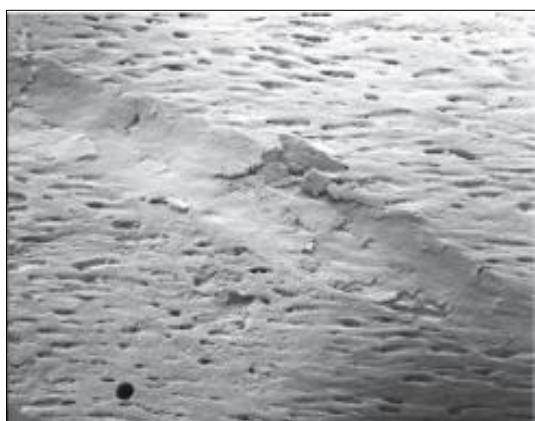


Figura 3.8. Marca de diente (surco). Foto: Domínguez-Rodrigo et al., (2007).

Se ha tenido en cuenta la localización precisa de las marcas, determinando si aparecen en zonas frías o calientes (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Las zonas frías se localizan en inserciones musculares y tendinosas donde los restos de carne podrían sobrevivir cuando los félidos actúan de forma primaria sobre los huesos. Las zonas calientes se localizan en los paquetes cárnicos, donde no se conserva ningún resto de carne si los félidos tienen un acceso primario a ellos. La experimentación demuestra que las marcas de corte en los modelos de acceso primario por los homínidos presentan una frecuencia similar de marcas en zonas calientes y frías, mientras que las marcas de corte en las zonas calientes están ausentes cuando los félidos tienen un acceso primario a la carcasa (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a; Barba y Domínguez-Rodrigo, 2008).

Las marcas de percusión son el resultado de golpear la diáfisis del hueso con un percutor generando surcos o fosas irregulares con cierta tendencia circular u oval y profunda que presentan generalmente microestriación asociada (Fig. 3.7) (Blumenschine, 1995; Blumenschine y Selvaggio, 1988, 1991; Turner, 1983; White, 1992). Aunque también encontramos fosas sin microestriación asociada (Galán et al., 2009) o campos de estrías aislados que son el resultado del contacto de la superficie ósea con el yunque (Pickering y Egeland, 2006).

La identificación de las marcas de dientes se ha realizado siguiendo los criterios de diagnóstico de Blumenschine y Marean (1993), Blumenschine (1995), Blumenschine et al., (1996), Selvaggio (1994). Las marcas de diente tienen una sección en forma de U, más ancha que profunda y de aspecto circular o alargado, con un fondo

plano y bordes redondeados (Fig. 3.8). Las más frecuentes son los surcos creados por el diente al arrastrarse por el hueso, su longitud es variable pero normalmente supera en tres veces su anchura. Las perforaciones tienen una morfología circular resultado de la presión del diente sobre el tejido esponjoso. Las fosas son depresiones producidas por las cúspides de los carnívoros en las epífisis. Presentan una superficie rugosa en el interior y pueden producir descamaciones, pero no suelen colapsar el tejido. El *furrowing* o mordisqueo que se produce sobre el tejido blando del hueso (tejido esponjoso), son depresiones curvas que llegan a eliminar la cortical haciendo desaparecer buena parte del tejido óseo.

Las frecuencias de marcas de corte, percusión y dientes se han contabilizado por elemento y sección ósea para los huesos largos de las extremidades. Las secciones se han dividido en epífisis proximal, diáfisis y epífisis distal según Blumenschine (1988) pero sin tener en cuenta las secciones meta-epifisarias por los problemas que conlleva la catalogación de dicha porción ósea y la cuantificación de sus marcas (Domínguez-Rodrigo y Barba, 2006).

Los marcos referenciales actuales están creados con huesos que no muestran fracturas diagenéticas ni diferencias en la preservación de la superficie cortical. Por ello cuando comparamos los datos arqueológicos con muestras actuales la estimación de las marcas se realiza en bruto y corregida siguiendo el modelo de Pickering et al., (2008). Este método trata de corregir la inflación producida por los especímenes con fractura en seco y mala preservación cortical ofreciendo unos resultados más realistas. El método consiste en seleccionar solo los huesos con buena preservación y fractura en fresco. En el presente trabajo,

la estimación de las frecuencias de marcas se ha obtenido a través de la muestra bien conservada, a la cual se resta el número de especímenes con rotura en seco. Estos especímenes en seco se dividen por dos y se vuelven a sumar al conjunto de la muestra bien conservada (Pickering et al., 2008) Este método excluye los especímenes con mala conservación, que pueden sesgar la frecuencia de marcas, y compensa la duplicación de las muestras resultantes de la fractura en seco, que pueden inflar artificialmente la muestra original.

La estimación del tipo de preservación de la cortical (bueno, moderado, malo) depende de la presencia de la cortical original:

Bueno: preserva >75% de la cortical original, con ausencia de meteorización u otras modificaciones diagenéticas.

Moderado: preserva al menos el 50% de la cortical original.

Malo: preserva <50% de la cortical original y se encuentra meteorizada u afectada por otras modificaciones diagenéticas.

Fracturación ósea

La fracturación de los huesos de las extremidades por homínidos y carnívoros resulta en un gran número de fragmentos diafisarios, si bien en los cubiles de hiena estos fragmentos son más proclives a conservar toda su circunferencia diafisaria mientras que en los conjuntos generados por los homínidos la mayoría de los especímenes se componen de fragmentos que no superan el 50% de la circunferencia diafisaria (Marean et al., 2004; Marean y Spencer, 1991). Por lo tanto, la distribución de los tipos de circunferencia puede

ayudar a distinguir el agente de fragmentación del conjunto. Para documentar el grado de fragmentación Bunn (1982, 1983) crea un sistema basado en el porcentaje de circunferencia diafisaria conservada en conjuntos fracturados. Se dividen en tres tipos: 1 cuando conserva menos del 50% de la circunferencia; 2 cuando conserva más del 50% de la circunferencia y 3 cuando la circunferencia diafisaria está completa. La distribución del tipo de circunferencia también proporciona información sobre la integridad de un yacimiento (Marean et al., 2004) ya que los conjuntos experimentales donde todos los fragmentos son cuantificados muestran un mayor porcentaje de circunferencias diafisarias menores de un 50% (tipo 1). Por lo tanto, conjuntos fósiles íntegros deberían estar dominados por este tipo de fragmentos.

Durante el proceso de excavación de BK se observó cómo buena parte de los especímenes presentaban fisuras, grietas y planos de fractura diagenéticos que dieron lugar a un abundante número de fracturas en seco. La identificación de los planos de fractura en fresco o seco se ha realizado siguiendo a Villa y Mahieu (1991) que describen las fracturas en seco como planos longitudinales y/o transversales al eje largo del hueso, generando un ángulo de aproximadamente 90° entre la superficie cortical y la medular. Su aspecto es desigual, escalonado y con una textura rugosa. Por el contrario, los planos de fractura en fresco son oblicuos al eje largo del hueso, mostrando ángulos agudos u obtusos entre la superficie cortical y medular con un aspecto regular y una textura suave.

El análisis de fracturación ósea se realiza a través de la medición de las muescas, la

frecuencia de cada tipo de muesca y la medición de los paños de fractura oblicuos.

Las muescas se definen como contornos semicirculares a lo largo del borde rectilíneo de una superficie de fractura producido por una carga en la superficie cortical, que desprende una lasca (cicatriz negativa) en la superficie medular. La medición y el tipo de muesca pueden señalar el agente responsable de la fracturación. Las dimensiones de la muesca sirven para diferenciar entre procesos de fracturación de huesos: dinámica o estática. Capaldo y Blumenshine (1994) demostraron experimentalmente que la fuerza dinámica del martillo de percusión produce muescas que son más amplias y menos profundas en su vista cortical desprendiendo en la medular una lasca (cicatriz) bastante ancha. Mientras que las muescas creadas por carga estática propias de los dientes del carnívoro producen una muesca estrecha pero profunda en la cortical y desprende una lasca (cicatriz) menos ancha en la medular (Fig. 3.9). Se ha medido la forma de la muesca usando dos ratios:

- a) La anchura de la muesca: la profundidad de la muesca (en su vista cortical).
- b) La anchura de la cicatriz: la profundidad de la cicatriz (en su vista medular).

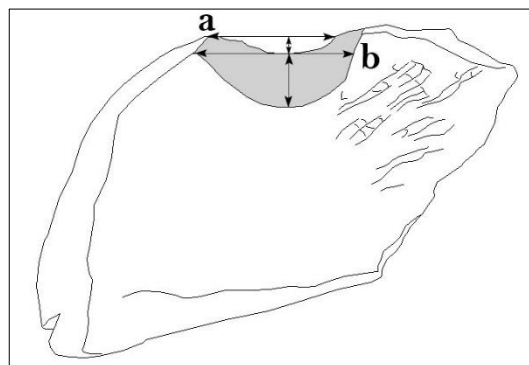


Figura 3.9. Vista medular de una muesca completa mostrando las medidas aplicadas en esta tesis.

El ángulo de la plataforma de la lasca de hueso eliminado durante la percusión también tiende a ser más agudo u obtuso que los de las lascas eliminadas durante la rotura del hueso por carnívoros. Usando un goniómetro, el ángulo de la plataforma se midió en el punto de carga sobre la cicatriz negativa de la lasca desprendida. La medición de las muescas todavía tiene la desventaja de carecer de un adecuado marco de referencia interpretativo. La muestra de tamaños utilizada por Capaldo y Blumenschine (1994) para animales de tamaño medio, es demasiado pequeña y ambigua con un solapamiento en los rangos de variación al comparar los procesos estáticos y las roturas dinámicas. Por otro lado, De Juana y Domínguez-Rodrigo (2011) demostraron que la morfología de la rotura estática es ambigua cuando se utilizan huesos densos, como los huesos largos de équidos, haciendo que su utilidad quede limitada a carcasas de bóvidos de pequeño tamaño. Por esta razón, el análisis de las muescas, se utiliza con precaución en el presente trabajo.

La segunda aproximación conlleva el estudio de la frecuencia de tipos de muescas. El trabajo experimental realizado por Domínguez-Rodrigo et al. (2007a) resolvió que ciertos tipos de muesca varían en frecuencia dependiendo de si la carga aplicada es estática o dinámica. La muesca doble con solapamiento y la muesca doble opuesta se producen con mayor frecuencia en bóvidos de tamaños pequeños y medios sometidos a una carga estática. La distinción de los tipos de muesca se realiza siguiendo la sistematización planteada por

Galán et al. (2009), a partir de la tipología creada por Capaldo y Blumenschine (1994).

a) Muesca completa: presenta dos puntos de inflexión sobre la superficie cortical y una cicatriz sin solapamiento.

b) Muesca incompleta: no aparece uno de los puntos de inflexión sobre la superficie cortical.

c) Muesca doble con solapamiento: La cicatriz negativa se superpone a otra cicatriz adyacente. La forma de la muesca ha de ser visible tanto en la superficie cortical como en la medular.

d) Muesca doble opuesta completa: aparece una en una superficie y la otra en el lado opuesto. Son el resultado de dos puntos de carga opuestos.

e) Muesca inversa: presenta dos cicatrices, una emana de la superficie cortical y la otra de la medular.

f) Micro-muecas: no superan el centímetro de longitud.

Por último, el tercer enfoque implica el estudio de los planos de fractura oblicuos que superen los 4 cm. En estos planos, se mide el ángulo formado con respecto a la superficie cortical. El principio físico es el mismo que en las muescas: la carga dinámica (es decir, martillo de percusión) produce ángulos más agudos u obtusos y la carga estática (producida por el mordisco de carnívoros), crea ángulos más rectos (Pickering et al., 2005; Alcántara et al., 2006).



CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS EN BK3b

4.1.1 La integridad del conjunto

El nivel 3 se localizó junto a la trinchera 4 excavada por M. Leakey. Esta trinchera contenía abundantes restos óseos y herramientas líticas que fueron conservados *in situ* para crear una pequeña exposición al aire libre (Leakey, 1971). En la actuali-

dad, la mayor parte de la estructura construida para proteger los fósiles ha desaparecido y más del 90% del material expuesto se ha deslizado por el afloramiento (Fig. 4.1.1). Estos fósiles fueron coordinados y recuperados para ser analizados de igual forma que los fósiles recuperados de la trinchera excavada por TOPPP (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a).

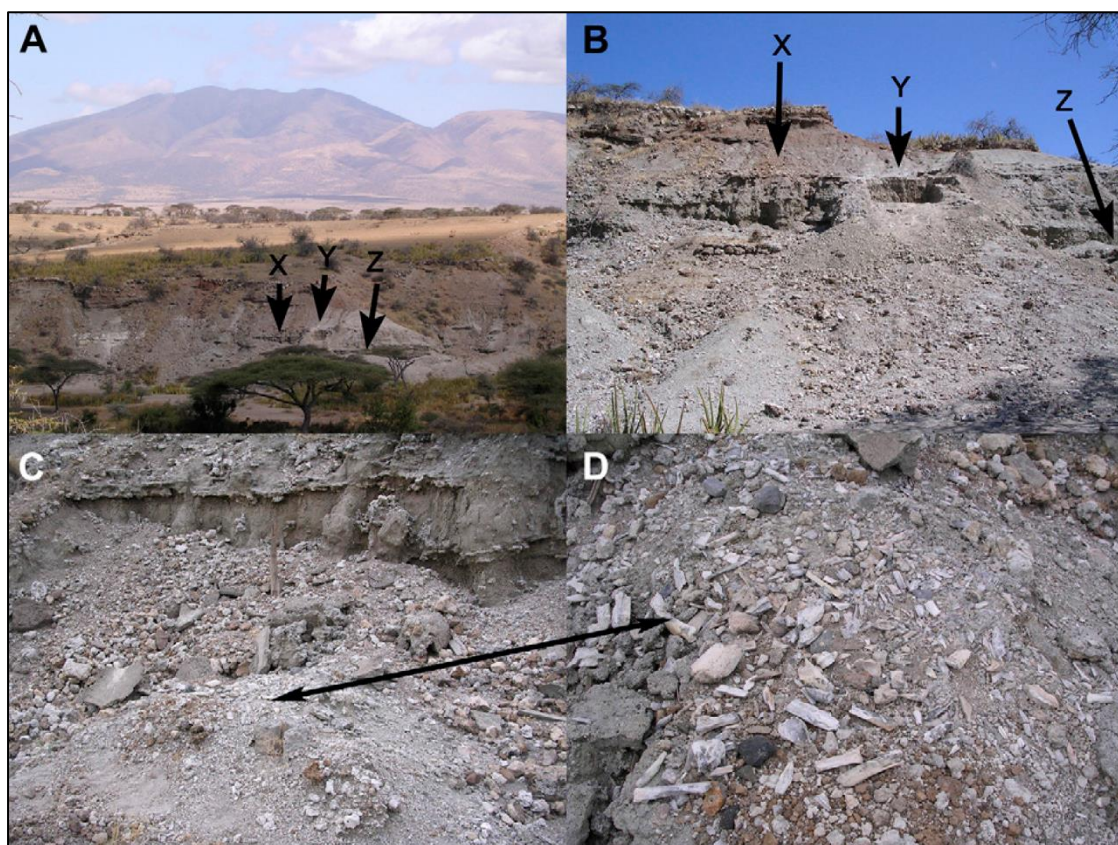


Figura 4.1.1. A: localización de BK. B: detalle de las zonas excavadas en BK (X indica la localización de la trinchera 4 excavada por Mary Leakey; Y corresponde a la trinchera excavada por TOPPP; y Z indica el lugar donde Louis Leakey realizó sus trincheras. C: La trinchera 4 mostrando el deterioro del nivel de exposición de Mary Leakey. D: detalle de la erosión sufrida por los fósiles en el nivel de exposición. Imagen: Domínguez-Rodrigo et al., (2009a)

El nivel 3 se divide en dos subniveles 3a (BK3a) y 3b (BK3b) que probablemente representan diferentes momentos deposicionales. No obstante, en BK3a se documentó parte del esqueleto axial de un elefante que por sus dimensiones también aparece encastrado en BK3b. En este último nivel también se documentaron abundantes restos de costillas del mismo taxón, pero no se puede descartar que pertenezcan a otro individuo (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a).

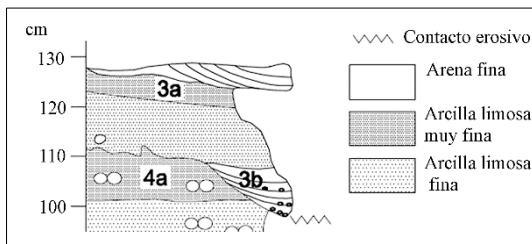


Figura 4.1.2. Sección estratigráfica detallada del nivel 3.

BK3 se compone de una matriz arenosa de unos 30 cm de potencia que define un canal poco profundo. Este nivel se apoya sobre una capa de arena limosa, que descansa sobre la parte superior de otro canal poco profundo BK3a, que recubre localmente otra secuencia similar de limo arenoso y otro canal poco profundo BK3b (Fig. 4.1.2). Este último canal se inclina hacia la parte más baja de un punto barras erosionando parte del depósito de arcilla subyacente que pertenece al nivel 4 (BK4) (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a).

La orientación de los materiales arqueológicos (huesos y lítica) de BK3b muestran una tendencia hacia la horizontalidad (Fig. 4.1.3). La dirección media es de aproximadamente 50° Este - 230° Oeste, como se observa en el intervalo de confianza del 95% del estereograma.

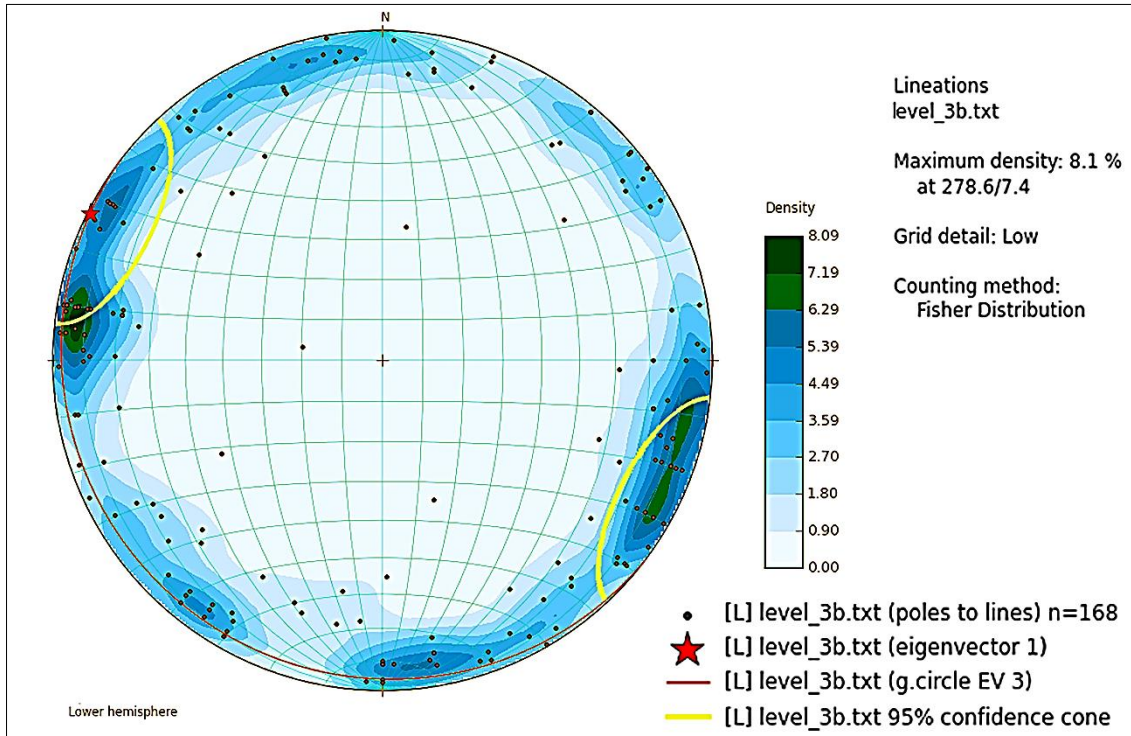


Figura 4.1.3. Estereograma que refleja la inclinación y la orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK3b. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos

El diagrama de Rosas muestra a través del intervalo de confianza del acimut una orientación anisotrópica claramente identificable (Fig. 4.1.4 izquierda) en la totalidad del conjunto. Cuando aplicamos el mismo análisis sobre los especímenes

diafisarios se observa que no hay orientación preferente (Fig.4.1.4 derecha).

El diagrama de Woodcock revela una fábrica isotrópica (uniforme) en el conjunto, con una distribución K de Von Mises inferior a 0.2 (Fig. 4.1.5).

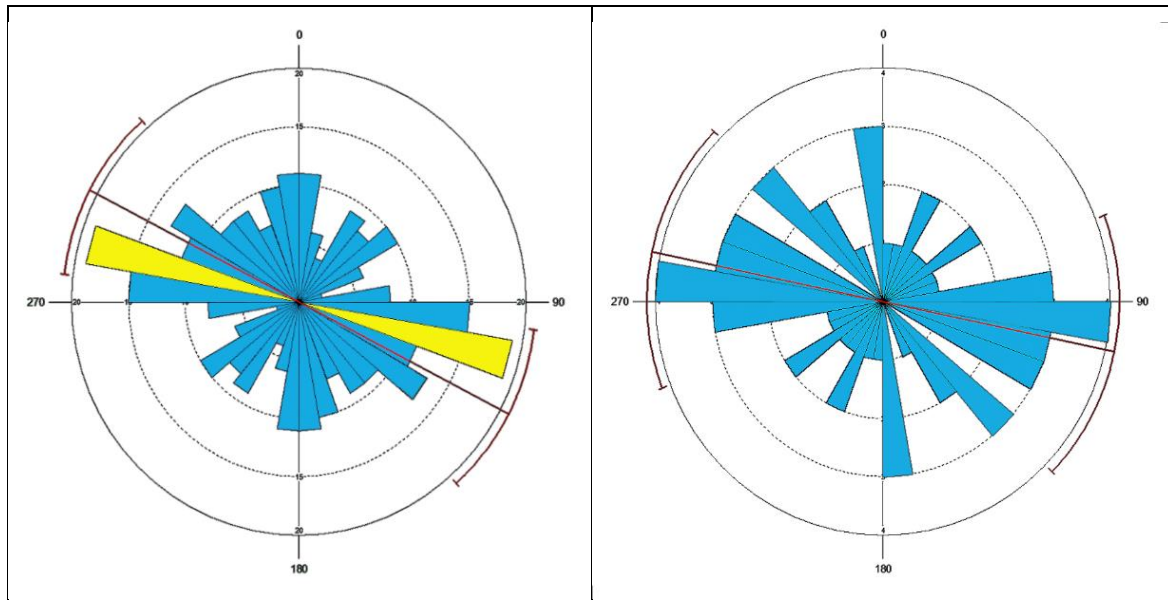


Figura 4.1.4. Diagrama de rosas indicando la orientación y la tendencia de la totalidad del conjunto (izquierda) y de los especímenes diafisarios (derecha).

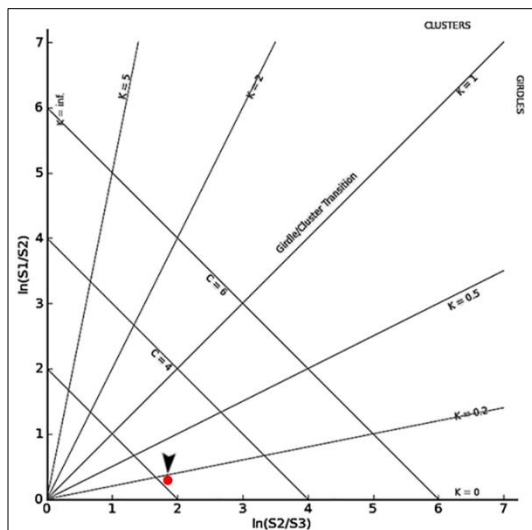


Figura 4.1.5. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior a 0.2.

Las pruebas estadísticas realizadas rechazan la hipótesis nula de una distribución uniforme. La prueba de Rayleigh de una alternativa general unimodal ($R= 3.57$, $p < 0.05$), la prueba de Kuiper de uniformidad ($V= 0.27$, $p < 0.05$), y la prueba de Watson de bondad de ajuste de uniformidad circular ($U^2=2.20$, $p < 0.05$), sugieren que el conjunto tiene más de una orientación preferente. Para determinar si la anisotropía detectada es debida al transporte por flujos de agua o bien es el resultado de una reorganización local, se han aplicado los mismos análisis sobre el subconjunto de huesos apendiculares. Las pruebas estadísticas sugieren que los huesos largos tienen una distribución uniforme, con unos valores por encima del 0.05 (Rayleigh, $R= 1.45$, $p= 0.23$; Kuiper, $V= 1.52$,

$p = >0.15$ y Watson, $U^2 = 0.114$, $p = >0.15$). Por lo tanto, la anisotropía documentada sobre la totalidad de la muestra es resultado de una reorganización local del conjunto.

La frecuencia de los especímenes óseos por su longitud en el total del conjunto indica que los fragmentos entre 31 - 60 mm y aquellos fragmentos que superan los 100 mm son los más abundantes. Cuando observamos el conjunto completo fracturado en fresco podemos ver como el patrón se repite con un ligero descenso en las frecuencias de especímenes menores de 60 mm. Los fragmentos correspondientes a carcacas de tamaño medio son los mejor representados independientemente del rango de tamaño, mostrando un patrón si-

milar al del conjunto completo. Por el contrario, las carcacas de tamaño pequeño y grande muestran unas frecuencias muy bajas en todos los rangos de tamaño, siendo los especímenes de más de 100 mm los mejor representados entre los animales de tamaño grande y los fragmentos entre 21 y 50 mm en los animales de tamaño pequeño (Fig. 4.1.6). Los especímenes de más de 50 mm están representados por fragmentos correspondientes a animales de tamaño medio mostrando una tendencia decreciente hasta alcanzar los especímenes de >100 mm (Fig. 4.1.6). Los fragmentos entre 70 mm y 100 mm muestran una menor frecuencia independientemente del tamaño de carcaca (Fig. 4.1.6).

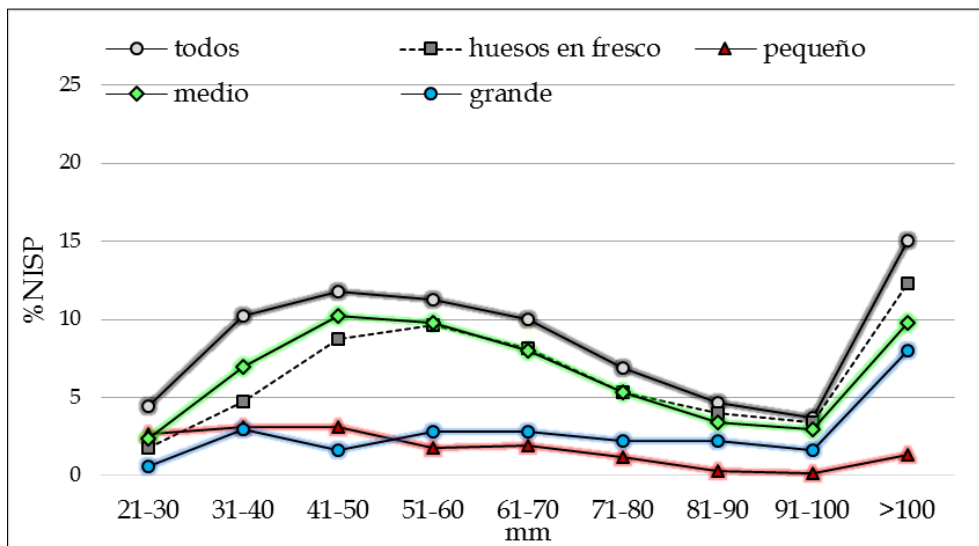


Figura 4.1.6. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcaca.

Cuando consideramos por separado los huesos de las extremidades observamos, como los huesos apendiculares fracturados en fresco muestran el mismo patrón de distribución que el conjunto de huesos apendiculares independientemente del

tipo de fractura. Los fragmentos apendiculares muestran una frecuencia más o menos estable en todas las categorías de tamaño (Fig. 4.1.7).

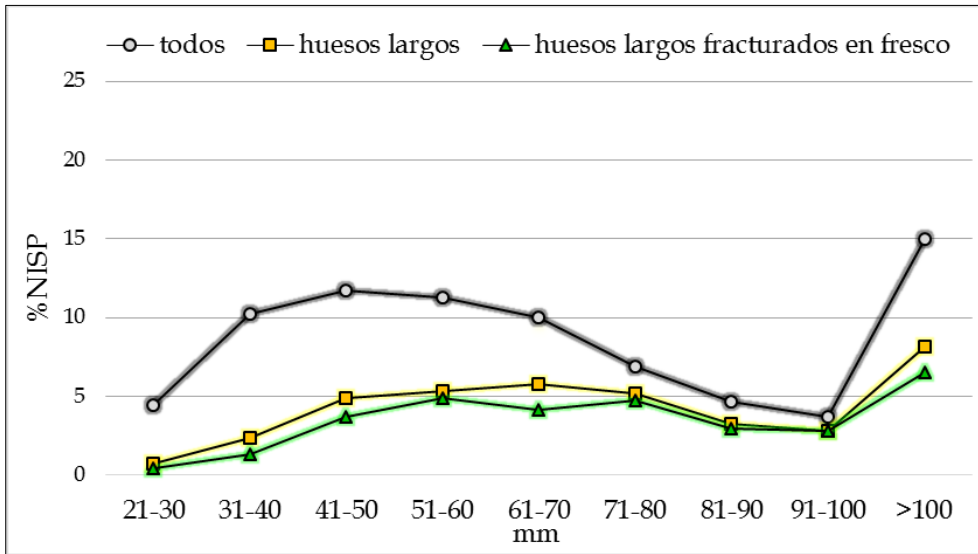


Figura 4.1.7. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y fractura.

El análisis de la distribución de los especímenes óseos en función de su longitud, tamaño de carcasa, y si muestran pulido en su superficie o no, refleja que los fragmentos <30 mm, están infrarrepresentados, aunque son los mejor preservados en los

animales de tamaño pequeño. Los animales de tamaño medio y grande están mejor representados por los fragmentos de >60 mm, los cuales muestran un bajo porcentaje de abrasión/pulido (Fig. 4.1.8).

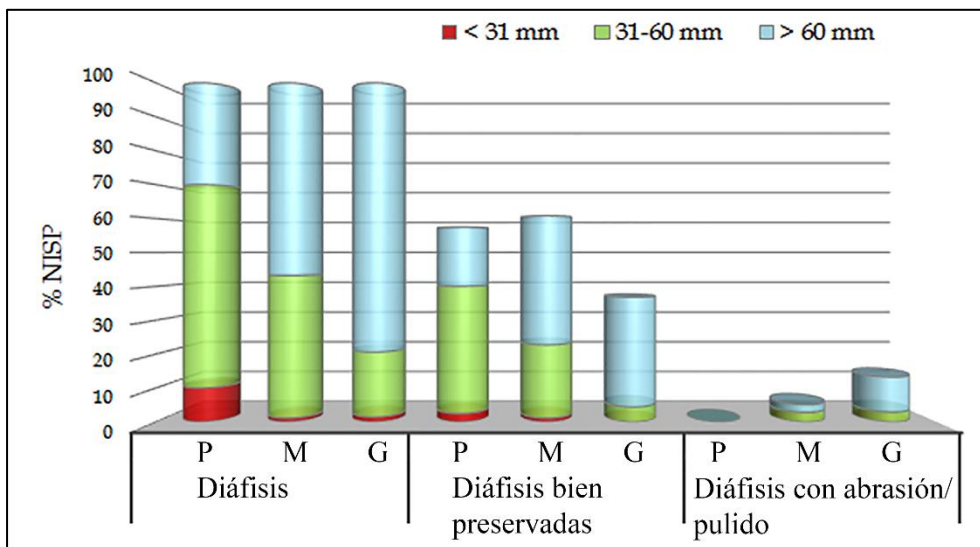


Figura 4.1.8. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P=pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

En BK3b encontramos 336 especímenes diafisarios (44.2%), de éstos solo el 16% se ve afectado por carbonatación y el 24.4% muestra modificaciones causadas

por agua. El 35.7% presenta meteorización química, pero solo el 6.5% refleja huellas de abrasión o pulido independien-

temente del tamaño del espécimen, mientras que el 50.5% no refleja alteraciones en su superficie.

La presencia de fragmentos diafisarios con buena preservación correspondientes a las diferentes categorías sugiere que la perturbación por flujos de agua fue reducida en la configuración del conjunto. Además, el bajo porcentaje de especímenes abrasionados y la alta frecuencia de especímenes de pequeño tamaño apoya la naturaleza autóctona del conjunto (Dominguez-Rodrigo et al., 2014c).

4.1.2 Análisis Faunístico

Un total de 760 fragmentos óseos han sido analizados BK3b, pero sólo 619 se han podido atribuir al tamaño de carcasa: pequeño (n= 102); medio (n= 364) y grande (n= 153). Se han identificado un total de 28 individuos de los cuales 4 corresponden a animales pequeños, 14 a animales de tamaño medio y 10 a animales de tamaño grande (Tabla 4.1.1, Fig. 4.1.9).

Perfiles esqueléticos

Las Tablas 4.1.2-4.1.4 muestran la frecuencia de especímenes por elemento y sección ósea para cada tamaño de carcasa. Sí tenemos en cuenta la relación de NME con NMI, los animales pequeños muestran

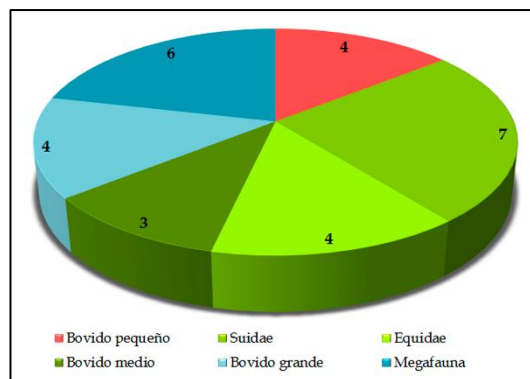


Figura 4.1.9. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verdes: animales de tamaño medio. Azules: animales de tamaño grande.

	NMI	
	Adulto	Juvenil
Antilopini		
Antilopini tamaño 1	1	
Reduncini		
Reduncini tamaño 2	1	
Alcelaphini		
<i>Damaliscus</i> sp.	2	
<i>Connochaetes</i> sp.	2	
Alcelaphini tamaño 3	1	
<i>Megalotragus</i> sp.	1	
Bovini		
Bovini tamaño 4	1	
<i>Syncerus</i> sp.	1	
<i>Pelorovis oldowayensis</i>	1	1
Suidae		
Suidae tamaño 3		1
<i>Kolpochoerus olduvaiensis</i>	1	
<i>Metridiochoerus compactus</i>	4	1
Equidae		
<i>Hipparion</i> sp.	2	
<i>Equus</i> sp.	2	
Hippopotamidae		
<i>Hippopotamus</i> sp.	1	1
Elephantidae		
<i>Elephas</i> sp.	1	
Giraffidae		
<i>Giraff</i> sp.	1	
<i>Sivatherium</i> sp.	1	1
Total		30

Tabla 4.1.1. Número mínimo de individuos documentados en BK3b.

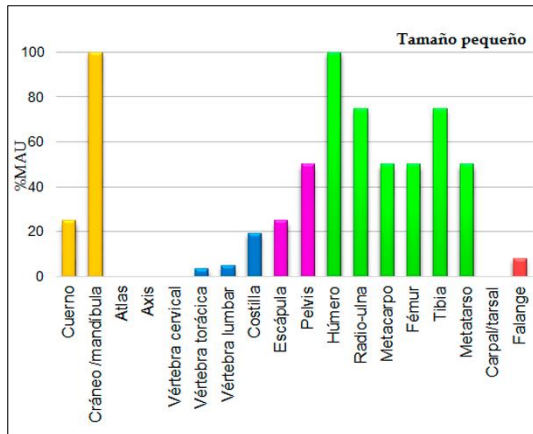


Figura 4.1.10. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

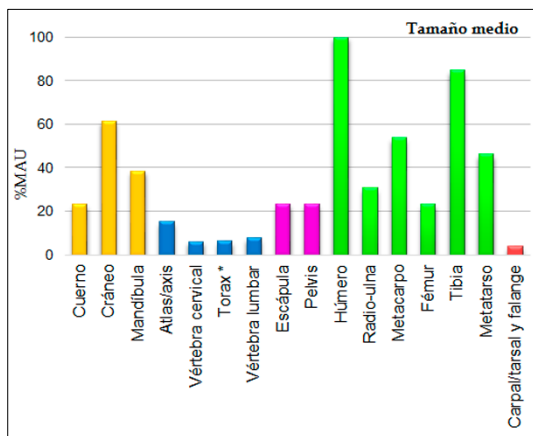


Figura 4.1.11. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

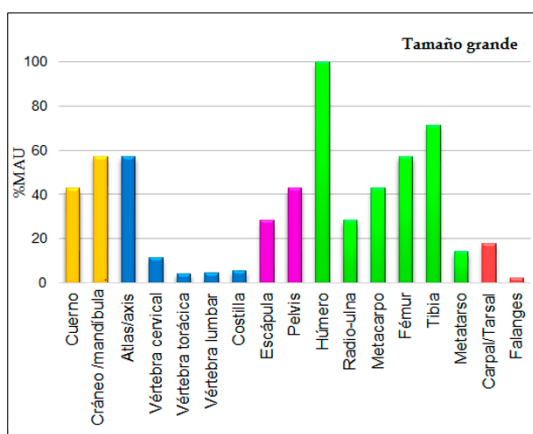


Figura 4.1.12. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

una mayor frecuencia de elementos craneales (100%) y apendiculares (66.5%) que de elementos axiales (11.5%) y huesos compactos (5%), los cuales están infrarrepresentados. El esqueleto apendicular muestra una mayor frecuencia de fragmentos epifisarios y diafisarios correspondientes a húmero y tibia. Los elementos escapulares y coxales están irregularmente representados (25%) (Tabla 4.1.2, Fig. 4.1.10).

Las carcasas de tamaño medio contienen elementos correspondientes a todas las partes anatómicas, pero son los elementos craneales y apendiculares los más abundantes con un 100% y un 90% respectivamente. Esta inflación se debe a la gran cantidad de fragmentos epifisarios ($n=23$) y diafisarios pertenecientes, sobre todo, a húmero y tibia. Coxales y escápulas, aun estando presentes (37.5%), están infrarrepresentados al igual que el esqueleto axial (10.6%) y los huesos compactos (6%) (Tabla 4.1.3, Fig. 4.1.11).

Un patrón similar se ha documentado para las carcasas de tamaño grande, aunque los elementos correspondientes a coxales y escápulas están mejor representados (62%) que en los animales de tamaño pequeño y medio. Al igual que sucede con los otros dos tamaños de carcasa son los fragmentos de húmero y tibia los más abundantes. El esqueleto axial (11.5%) y los huesos compactos son escasos (12%) (Tabla 4.1.4, Fig. 4.1.12).

El patrón de representación anatómica es similar al manifestado en conjuntos modernos donde las carcasas son consumidas por los carnívoros tras ser abandonadas por los homínidos (Capaldo 1998). Sin embargo, dada la evidencia de actividad fluvial en el nivel, también es posible que

Tamaño pequeño	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	1	1				1
Cráneo	6	4				2
Dientes						
Hemimandíbula	9	4				5
Vértebra cervical						
Vértebra torácica	2	1				1
Vértebra lumbar	1	1				1
Vértebra indet.	1	1				
Costilla	34	26	1		11	10
Escápula	2	2	1			1
Coxal	1	1	1			1
Húmero						4
Epi. Proximal						
Diáfisis	6	3		1	1	
Epi. Distal	2	0				
Radio-Ulna						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	3	2	2			
Epi. Distal						
Metacarpal						2
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	3	3			1	
Epi. Distal						
Fémur						2
Epi. Proximal	1					
Diáfisis	2	2	1			
Epi. Distal						
Tibia						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	6	2			1	
Epi. Distal	1	1				
Metatarsal						2
Epi. Proximal						
Diáfisis	3	0				
Epi. Distal						
ULB*	5	3				
ILB*	3	1				
LLB*						
Diáfisis indet.	6	3		1	3	
Rótula						
Cárpales/Társales						
Falanges	3	3				3
Indet. no diafisario	1					
Total	102	65	6	2	17	39

Tabla 4.1.2. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño medio	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	6	4				3
Cráneo	20	15			2	4
Dientes	61					
Hemimandíbula	15	12	1	1	6	5
Vértebra cervical	4	2				3
Vértebra torácica	8	7	1		3	5
Vértebra lumbar	7	6	1		2	3
Vértebra indet.	7	6			1	1
Costilla	56	40	3	2	11	11
Escápula	5	2				2
Coxal	6	3		1	2	3
Húmero						13
Completo	1					
Epi. Proximal						
Diáfisis	27	18		2	4	
Epi. Distal	7	6	1		2	
Radio-Ulna						4
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	9	9		2	5	
Epi. Distal						
Metacarpal						7
Epi. Proximal	3	1				
Diáfisis	16	10		2	3	
Epi. Distal						
Fémur						3
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	13	9	1	2	4	
Epi. Distal						
Tibia						11
Epi. Proximal						
Diáfisis	37	25		8	2	
Epi. Distal	4	2		1	2	
Metatarsal						6
Epi. Proximal	5	2			1	
Diáfisis	9	8	1	2	1	
Epi. Distal						
ULB*	7	4			1	
ILB*	1	0				
LLB*	11	3	1			
Diáfisis indet.	34	18		4	6	
Rótula						
Cárpales/Társales	8	2				8
Falanges	1	1				1
Indet. no diafisario	11	8			4	
Total	401	224	10	27	62	93

Tabla 4.1.3. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño grande	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	4	4				3
Cráneo	8	4	1		1	2
Dientes	28					
Hemimandíbula	5	3			1	3
Vértebra cervical	4	3			1	4
Vértebra torácica	3	0				2
Vértebra lumbar	1	1	1			1
Vértebra indet.	1	0				1
Costilla	20	15	1		2	5
Escápula	2	0				2
Coxal	4	2			1	3
Húmero						7
Epi. Proximal	3	0				
Diáfisis	14	7		1	2	
Epi. Distal	1	1	1			
Radio-Ulna						2
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	2	2		1		
Epi. Distal	1	0				
Metacarpal						3
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	1	0				
Epi. Distal	3	0				
Fémur						4
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	7	2				
Epi. Distal						
Tibia						5
Epi. Proximal						
Diáfisis	16	10		3		
Epi. Distal						
Metatarsal						1
Epi. Proximal						
Diáfisis	1	0				
Epi. Distal	1	0				
ULB*	2	2				
ILB*	1	0				
LLB*	4	1				
Diáfisis indet.	15	3			1	
Rótula	2	1				2
Cárpales/Társales	7	3			1	7
Falanges	2	2				2
Indet. no diafisario	5	2	1		1	
Total	171	69	5	5	11	59

Tabla 4.1.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

el agua eliminase los huesos menos densos como son los huesos compactos (falanges, cárpales o rótulas), las costillas y vértebras (Voorhies, 1969).

Existen abundantes factores que afectan a la representación de las partes anatómicas como, por ejemplo, la conservación diferencial, la acción de agentes biológicos, procesos físicos, o la destrucción producida durante las labores de excavación (Lyman, 1994; Marean, 1998; Marean y Kim, 1998; Domínguez-Rodrigo, 1999; Yravedra 2000; Yravedra et al., 2002). Por ello se ha cuantificado la uniformidad entre los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) ya que reflejan con mayor exactitud el estado original del conjunto (Faith y Gordon, 2007).

Los índices de uniformidad para las carcasas de tamaño pequeño y grande no son concluyentes puesto que el número de elementos es demasiado bajo como para ser significativo (Faith y Gordon, 2007) (Tabla 4.1.5).

El índice de uniformidad para los animales de tamaño medio (0.94, n= 53) indica que el conjunto de elementos de alta supervivencia tiende a estar representado de manera uniforme en el conjunto y por lo tanto que no hubo un transporte selectivo de las carcasas, sino que se obtuvieron completas en el yacimiento o muy cerca de él (Faith y Gordon, 2007).

	Pequeño	Mediano	Grande
<i>n</i>	21	53	27
<i>Índice de uniformidad</i>	0.98	0.94	0.93

Tabla 4.1.5. Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcasa.

La regresión lineal y el orden de clasificación de Spearman aplicado sobre los huesos de alta supervivencia, muestran una relación negativa entre el número mínimo de unidades animales (%MAU) y la utilidad alimenticia (%MGUI o %FUI), para todos los tamaños de carcasa (Tabla 4.1.6).

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	-0.147	-0.142	0.062
<i>F</i>	0.099	0.0005	1.463
<i>p</i>	0.76	0.98	0.27
Spearman			
<i>r_s</i>	0.358	0.133	0.590
<i>p</i>	0.38	0.73	0.12

Tabla 4.1.6. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Cuando comparamos el %MAU con el índice de densidad ósea obtenemos el mismo resultado, no hay correlación entre los elementos presentes y su densidad ósea (Tabla 4.1.7).

Asumiendo que las carcasas de tamaño medio estuvieron completas en el yacimiento, la ausencia de los elementos menos densos puede deberse a la actuación de los carnívoros y quizá a algún proceso hidráulico.

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	0.018	-0.135	0.089
<i>F</i>	1.131	0.044	1.685
<i>p</i>	0.32	0.83	0.24
Spearman			
<i>r_s</i>	0.172	0.138	-0.361
<i>p</i>	0.68	0.72	0.37

Tabla 4.1.7. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Modificaciones de la superficie ósea

Las superficies óseas en BK3b están relativamente bien preservadas. Se han documentado 418 (55%) especímenes con buena preservación en el total de la muestra. El pisoteo está presente en 155 especímenes (20% de la muestra completa; 37% de la muestra bien preservada) y 61 fragmentos muestran microabrasión (8% de la muestra completa; 11% de la muestra bien preservada). El sedimento no parece haber afectado de manera importante a las superficies óseas. Las marcas bioquímicas se documentaron en 102 especímenes (13% de la muestra completa; 14% de la muestra bien preservada).

La colección ósea de BK3b incluye 336 fragmentos diafisarios, de los cuales 182 (54%) muestran una buena preservación cortical. La semejanza entre la meteorización subaérea y las modificaciones diagenéticas provocadas por las condiciones geoquímicas del suelo ha impedido realizar una identificación precisa de los estadios de exposición. No obstante, la exposición subaérea se ha podido analizar sobre 216 especímenes diafisarios que muestran un estadio 0 en un 40% (n= 160); estadio 1 en un 19% (n= 41); estadio 2 en un 6% (n= 14) y estadio 3 en un 0.4% (n= 1). Un total de 120 huesos largos muestran exfoliación y meteorización química, propia de la exposición al agua o la humedad durante largos periodos de tiempo. (Fernández-Jalvo 1992, Nielsen-Marsh y Hedges, 1999).

Se ha documentado un total de 90 especímenes con marcas de corte (13.3%), la mayoría correspondientes al esqueleto apendicular (n= 41, 45.5%) seguido por el axial (n=34, 37.7%) y el craneal (n=10,

11.1%), el resto (n=6, 6.6%) corresponde a especímenes óseos indeterminados.

Las carcasas pequeñas muestran 17 especímenes con marcas de corte (17%), la mayor parte de ellos pertenecen a costillas (n= 11, 18.8%) y huesos largos correspondientes a un húmero, una tibia, un metacarpo y tres especímenes indeterminados (n=6, 5.8%) (Tabla 4.1.2, Fig. 4.1.13).

Las carcasas de tamaño medio contienen 62 especímenes con marcas de corte (15%). Ocho de ellos pertenecen a cráneo y hemimandíbula (2%). Diecinueve (4.7%) corresponden a elementos axiales, principalmente costillas (n= 11, 2.7%), vertebras (n= 6, 1.5%) y coxales (n= 2, 0.5%). Los 31 especímenes restantes pertenecen a huesos largos apendiculares (7.7%), húmero (n= 6), fémur (n= 4), radio-ulna (n= 5), tibia (n= 4), metacarpo (n= 3), metatarso (n= 2) y un elemento de los miembros superiores (ulb) (Tabla 4.1.3, Fig. 4.1.14).

Entre las carcasas de tamaño grande encontramos 11 especímenes con marcas de corte (6.4%), dos de ellos corresponden a un fragmento de cráneo y un fragmento de hemimandíbula (1.2%). En el esqueleto axial se han documentado tres especímenes (1.7%), dos corresponden a costillas y el tercero a un atlas completo de elefante. Finalmente encontramos seis fragmentos apendiculares con marcas de corte (3.5%) (Tabla 4.1.4). Tres aparecen sobre fragmentos de húmero (Fig. 4.1.15) el resto de marcas aparecen sobre un tarsal (0.6%) y dos fragmentos indeterminados (1.2%).

Las Tablas 4.1.2-4.1.4 muestran la frecuencia de especímenes con marcas de corte según el elemento y la porción ósea para cada tamaño de carcasa. El análisis de

la frecuencia de especímenes bien conservados con marcas de corte muestra como los animales de tamaño pequeño tienen unos porcentajes para los miembros superiores (12.5%) e intermedios (16.6%) inferiores al rango establecido para un acceso primario (Domínguez-Rodrigo, 1997b) pero superan los valores para un acceso secundario a carcasas consumidas por leones (Gidna et al., 2014). El porcentaje de especímenes diafisarios con marcas de corte (31.5%) entra dentro del intervalo de un acceso primario (Domínguez-Rodrigo, 1997b) (Tabla 4.1.8).

	Pequeño	Mediano	Grande
ULB	1/8 12.5%	11/38 28.9%	2/13 15.3%
ILB	1/6 16.6%	9/36 25%	0/12 0
LLB	1/4 25%	5/24 20.8%	0/1 0
Diáfisis*	6/19 31.5%	26/104 25%	1/27 3.7%
Epífisis	0/2 0	5/12 41.6%	0/2 0
Total	6/21 28.5%	31/116 26.7%	3/29 10.3%

Tabla 4.1.8 Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcasa. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. * Los fragmentos diafisarios incluyen 3 y 18 especímenes indeterminados pertenecientes a carcasas de tamaño pequeño y medio respectivamente.

Los animales de tamaño medio también muestran unos porcentajes para los miembros superiores (29%), intermedios (25%) y diafisarios (25%) que entran dentro de los intervalos establecidos en el modelo de acceso primario (Domínguez-Rodrigo,

1997b) (Tabla 4.1.8). Por último las carcasas de tamaño grande muestran un bajo porcentaje de especímenes con marcas de corte, si bien los miembros superiores (15.3%) entran dentro del rango de un acceso primario (Gidna et al., 2014) superando los intervalos establecidos para un acceso secundario (Gidna et al., 2014). Sin embargo, el porcentaje documentado para los fragmentos diafisarios (3.7%) cae dentro del intervalo de confianza de ambos modelos referenciales, representando tanto un acceso primario como secundario (Gidna et al., 2014) (Tabla 4.1.8).

Ahora bien, cuando analizamos la frecuencia de los especímenes diafisarios con marcas de corte sobre la muestra bien conservada y corregida por la fractura diagenética (Pickering et al., 2008) los valores se incrementan. Las carcasas de tamaño pequeño muestran un 35% de los especímenes con marcas de corte; las carcasas de tamaño medio un 29% y las carcasas de tamaño grande un 14% (Tabla 4.1.9), además la mayoría de las marcas se localizan en zonas calientes (Fig. 4.1.13-4.1.14). Estos porcentajes apoyan los resultados anteriores, los tres valores entran dentro e incluso superan (en el caso de las carcasas de tamaño pequeño) los valores establecidos para un acceso primario (Domínguez-Rodrigo, 1997b) estando muy por encima del rango presentado para un acceso secundario (Gidna et al., 2014; Domínguez-Rodrigo, 1997b).

La presencia de marcas de corte sobre la diáfisis media de un húmero y sobre un atlas ambos pertenecientes a elefante sugiere que hubo descarnado de megafauna por parte de los homínidos.

Se han documentado 34 especímenes con marcas de percusión (Tablas 4.1.2-4.1.4),

solo cuatro de ellos aparecen sobre mandíbula, costillas y coxal. El porcentaje de fragmentos diafisarios con marcas de percusión, una vez aplicada la corrección por buena preservación y fractura en seco (Pickering et al., 2008), es de un 11% (dos fragmentos diafisarios de una muestra de 17 especímenes) para las carcacas pequeñas (Tabla 4.1.9, Fig. 4.1.13). Las carcacas de tamaño medio muestran un 22% (20 especímenes diafisarios con marcas de percusión de una muestra de 89) (Tabla 4.1.9, Fig. 4.1.14) y las carcacas de tamaño grande muestran un 24% de sus fragmentos diafisarios con marcas de percusión (5 fragmentos de una muestra de 21) (Tabla 4.1.9, Fig. 4.1.14). Los porcentajes de especímenes diafisarios con marcas de percusión para cada tamaño de carcaca son similares a los documentados en los modelos experimentales donde los homínidos fracturan los huesos antes de que los carnívoros accedan a las carcacas (Blumenschine, 1988, 1995; Capaldo, 1997).

Las marcas de dientes se han documentado en 21 fragmentos óseos. Seis fragmentos pertenecen a carcacas de tamaño pequeño, diez fragmentos a carcacas de tamaño medio y cinco fragmentos pertenecen a carcacas de tamaño grande (Tablas 4.1.2 - 4.1.4). La mayoría de los especímenes pertenecen al esqueleto axial (n= 6) (Tabla 4.1.2). Teniendo en cuenta solo los huesos diafisarios con buena preservación y corregida la fracturación diagenética (Pickering et al., 2008) el porcentaje de especímenes con marcas de dientes es de un 18% para las carcacas de tamaño pequeño (Tabla 4.1.9, Fig. 4.1.13). Las carcacas de tamaño medio muestran un porcentaje del 3% (Tabla 4.1.9, Fig. 4.1.14) y las carcacas

de tamaño grande no muestran especímenes con marcas de dientes (Tabla 4.1.9, Fig. 4.1.15).

Las frecuencias de especímenes diafisarios con marcas de dientes para animales de tamaño pequeño y medio entran dentro del rango documentado en el modelo Homínido-Carnívoro (Blumenschine, 1988, 1995; Capaldo, 1997) y Félido-Homínido (Organista, et al., 2016; Domínguez-Rodrigo, et al., 2007b). Estos resultados son ambiguos sugiriendo que los homínidos tuvieron un acceso primario a las carcacas y posteriormente actuaron los carnívoros, o bien que los félidos actuaron sobre el conjunto en un acceso primario y los homínidos percutieron los huesos posteriormente. Si bien, esta última inferencia se ve rechazada por la frecuencia de marcas de corte documentadas anteriormente.

Fracturación ósea

En BK3b se han documentado 533 especímenes con algún tipo de fractura: en fresco, diagenética o ambas. De estos 533 especímenes 264 (49.9%) presentan fracturas en fresco y 124 (23.4%) fracturas diagenéticas. La mayoría de las fracturas en fresco se producen en los especímenes apendiculares con un porcentaje del 75.7 (n= 200), el resto se produce en fragmentos axiales, 15.1% (n= 40) y craneales 4.5% (n= 12). Las fracturas diagenéticas son más frecuentes entre los especímenes axiales con un porcentaje del 39.5 (n= 49), seguido de los apendiculares 30.6% (n= 38) y craneales 25.8% (n= 32).

Los tipos de circunferencia diafisaria muestran que el Tipo 1 es predominante con un 88% (n= 295), el Tipo 2 (6%) y el Tipo 3 (6%) muestran una frecuencia más

baja. Se han podido documentar 30 ejemplares con muescas; doce muescas individuales, seis muescas incompletas, siete muescas dobles con solapamiento y tres muescas dobles opuestas. Finalmente encontramos dos especímenes que muestran una combinación de muesca doble con solapamiento y muesca doble opuesta. La mayoría aparecen sobre huesos pertenecientes a carcargas de tamaño medio impidiendo una resolución clara ya que los marcos referenciales construidos sobre

carcargas de tamaño medio muestran solapamiento entre los rangos de carga dinámica y estática (Capaldo y Blumenschine, 1994). No obstante, la presencia de un mayor número de muescas completas, propias de una carga dinámica (generadas por percusión) sugiere que buena parte de los huesos fueron procesados por los homínidos como refleja el elevado porcentaje de marcas de percusión y la baja frecuencia de marcas de dientes.

	Carcasas de tamaño Pequeño			Carcasas de tamaño Mediano			Carcasas de tamaño Grande											
	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión									
<i>Número total de especímenes con marca</i>																		
BK3b	6/102	6%	17/102	17%	2/102	2%	10/401	2%	62/401	15%	27/401	7%	5/171	3%	11/171	6%	5/171	3%
<i>Número total de especímenes bien preservados con marca</i>																		
BK3b	6/65	9%	17/65	26%	2/65	3%	10/224	4%	62/224	28%	27/224	12%	5/69	7%	11/69	16%	5/69	7%
<i>Número total de especímenes con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>																		
BK3b	6/52	11.5%	17/52	33%	2/52	4%	10/180	5.5%	62/180	34%	27/180	15%	5/51	10%	11/51	21.5%	5/51	10%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas</i>																		
BK3b	3/42	7%	6/42	14%	2/42	5%	4/186	2%	31/186	17%	23/186	12%	1/75	1%	3/75	4%	5/75	7%
<i>Número total de especímenes apendiculares bien preservados con marcas</i>																		
BK3b	3/21	14%	3/21	14%	2/21	9.5%	4/116	3%	31/116	27%	23/116	20%	1/29	3%	3/29	10%	5/29	17%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>																		
BK3b	3/18	17%	3/18	17%	2/18	11%	4/98	4%	31/98	32%	23/98	23%	1/23	4%	3/23	13%	5/23	22%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marca</i>																		
BK3b	3/37	8%	6/37	16%	2/37	5%	3/164	2%	26/164	16%	20/164	12%	0/63	0%	3/63	5%	5/63	8%
<i>Número total de especímenes diafisarios bien preservados con marca</i>																		
BK3b	3/19	16%	6/19	31.5%	2/19	10.5%	3/104	3%	26/104	25%	20/104	19%	0/27	0%	3/27	11%	5/27	18.5%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas bien preservados y con fractura en seco</i>																		
BK3b	3/17	18%	6/17	35%	2/17	12%	3/89	3%	26/89	29%	20/89	22%	0/21	0%	3/21	14%	5/21	24%

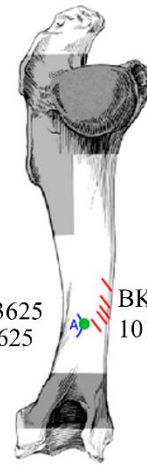
Tabla 4.1.9. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK3b según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

LATERAL

MEDIAL

CRANIAL

CAUDAL



BK10-3625
BK10-3625

BK10-1017



BK09-2723



BK09-2709

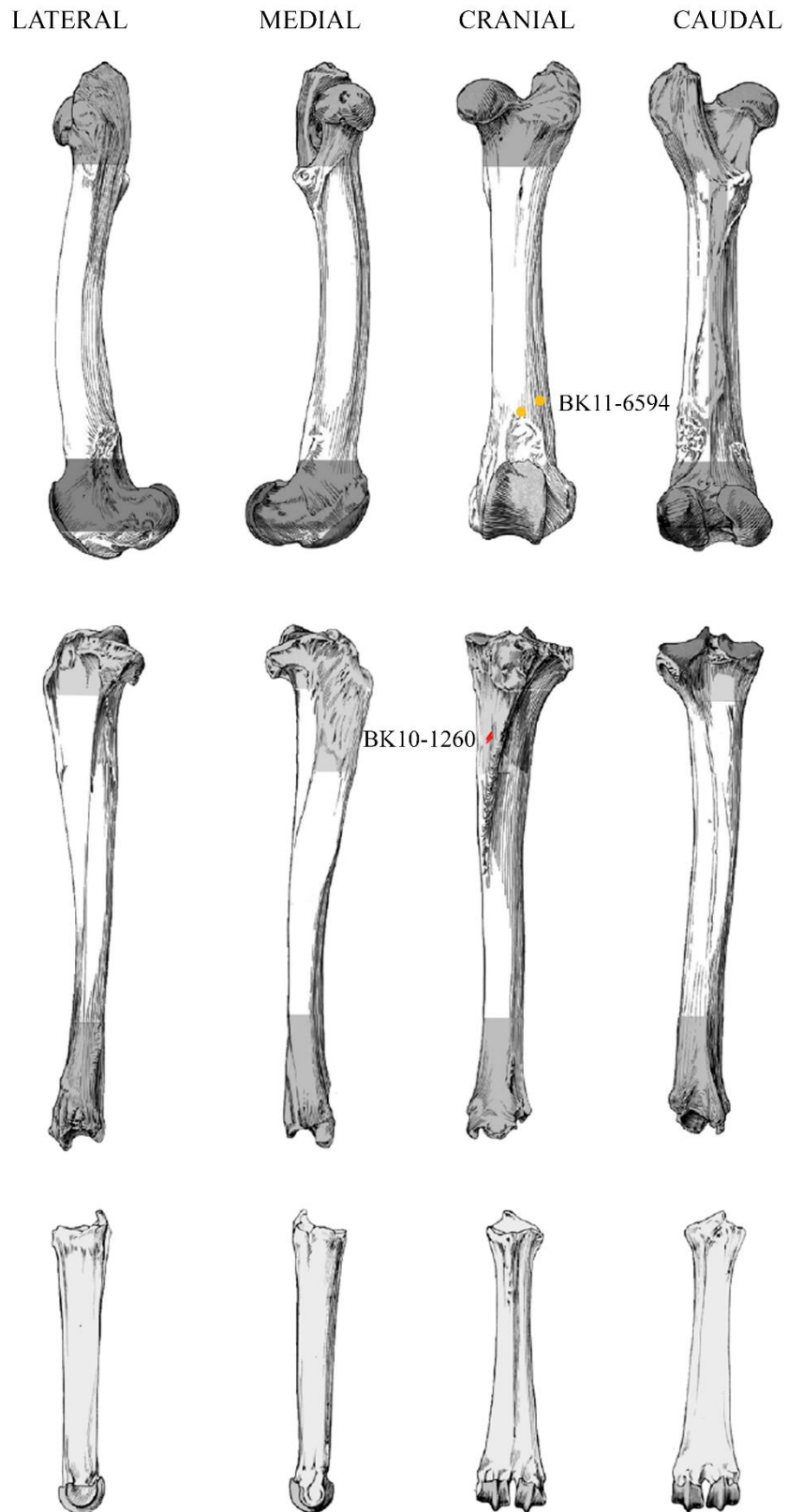
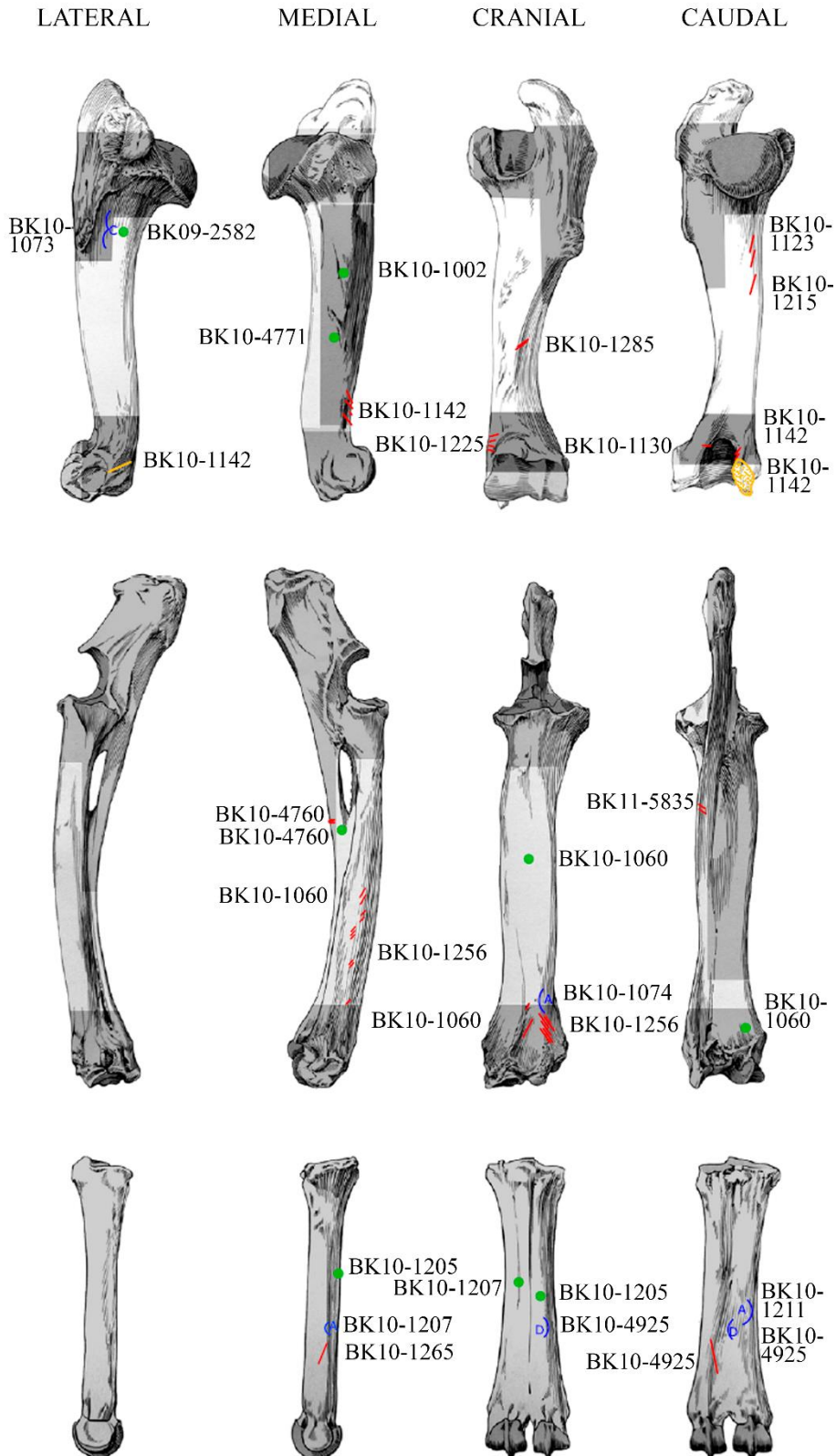


Figura 4.1.13. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



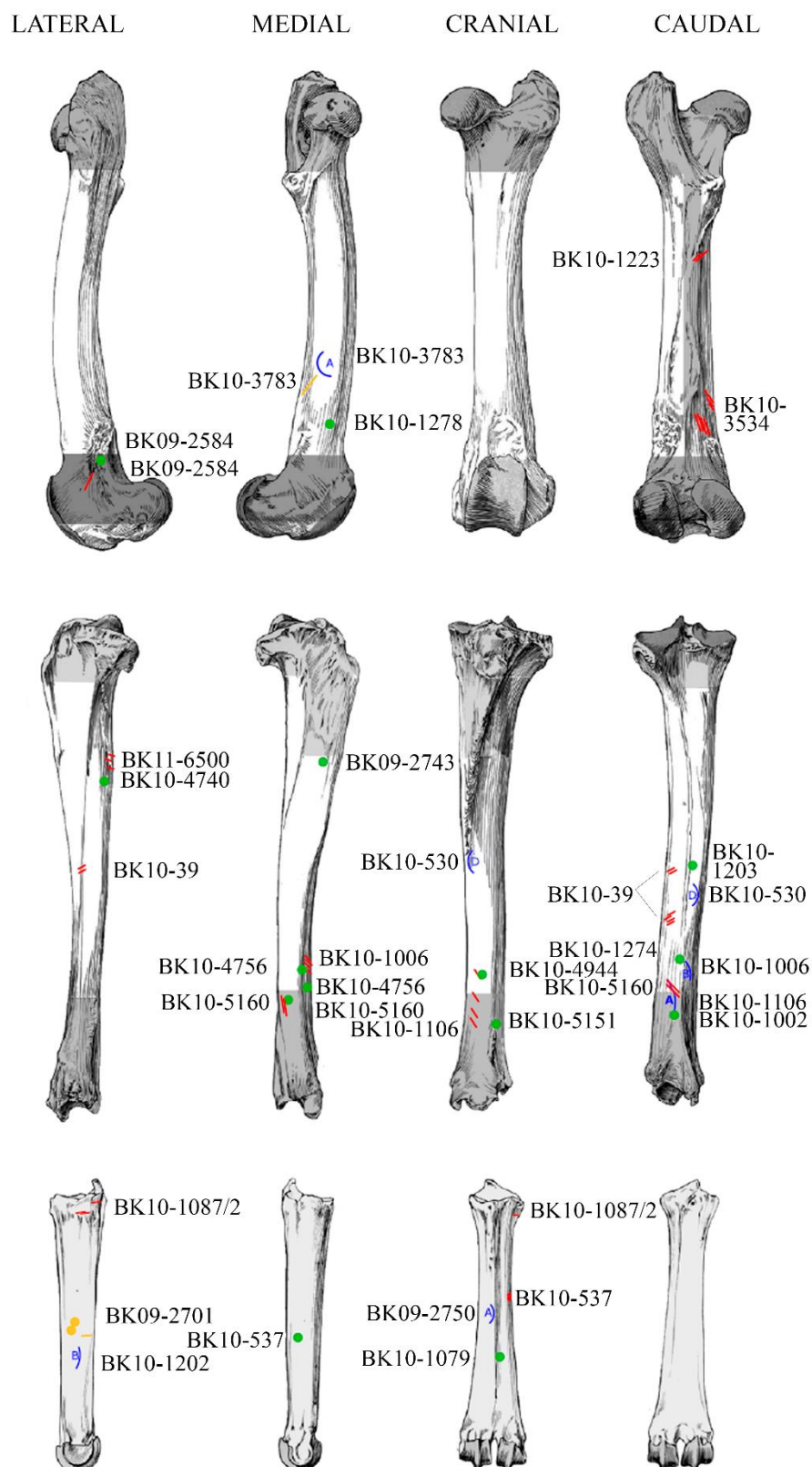
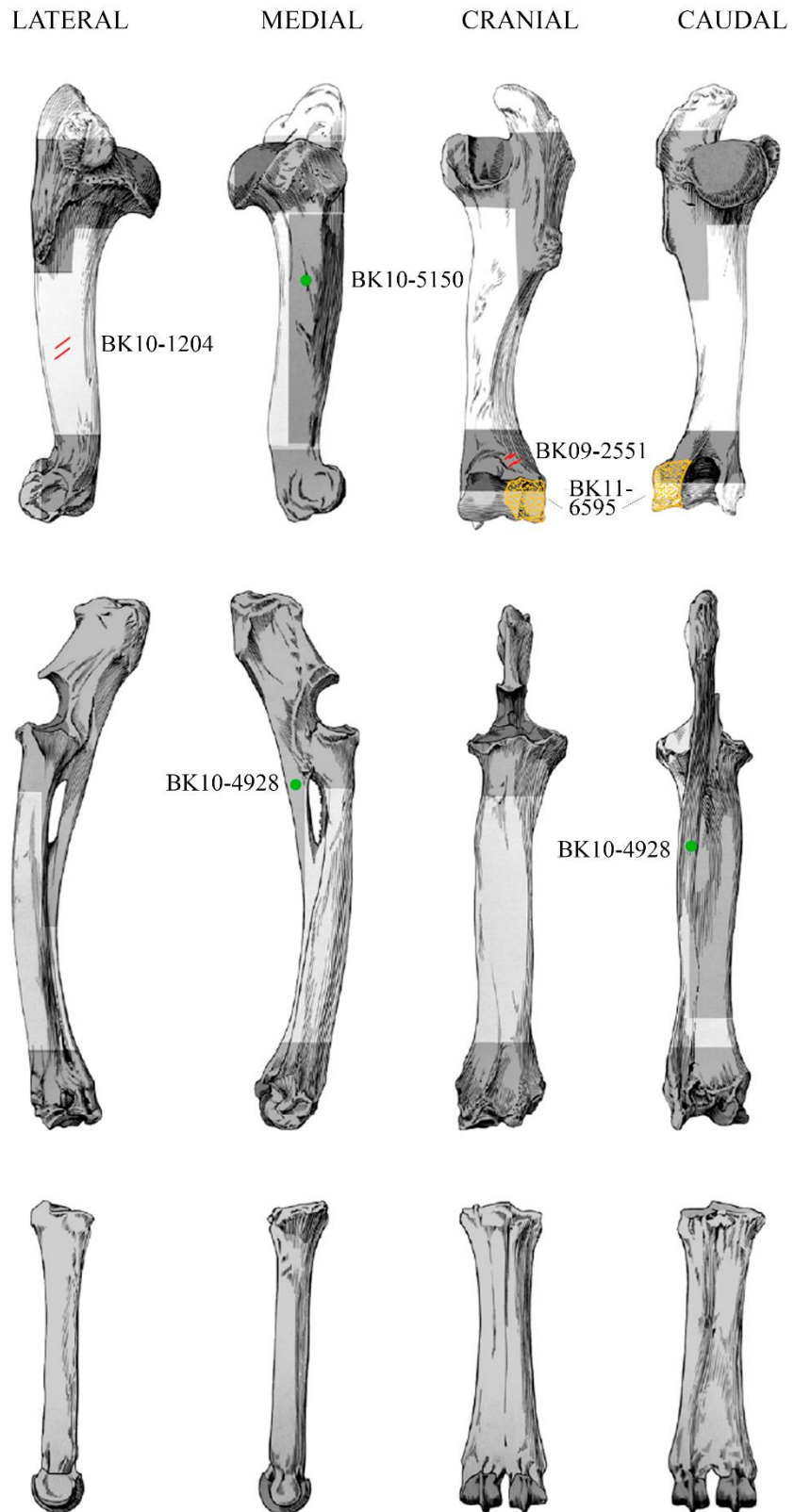


Figura 4.1.14. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



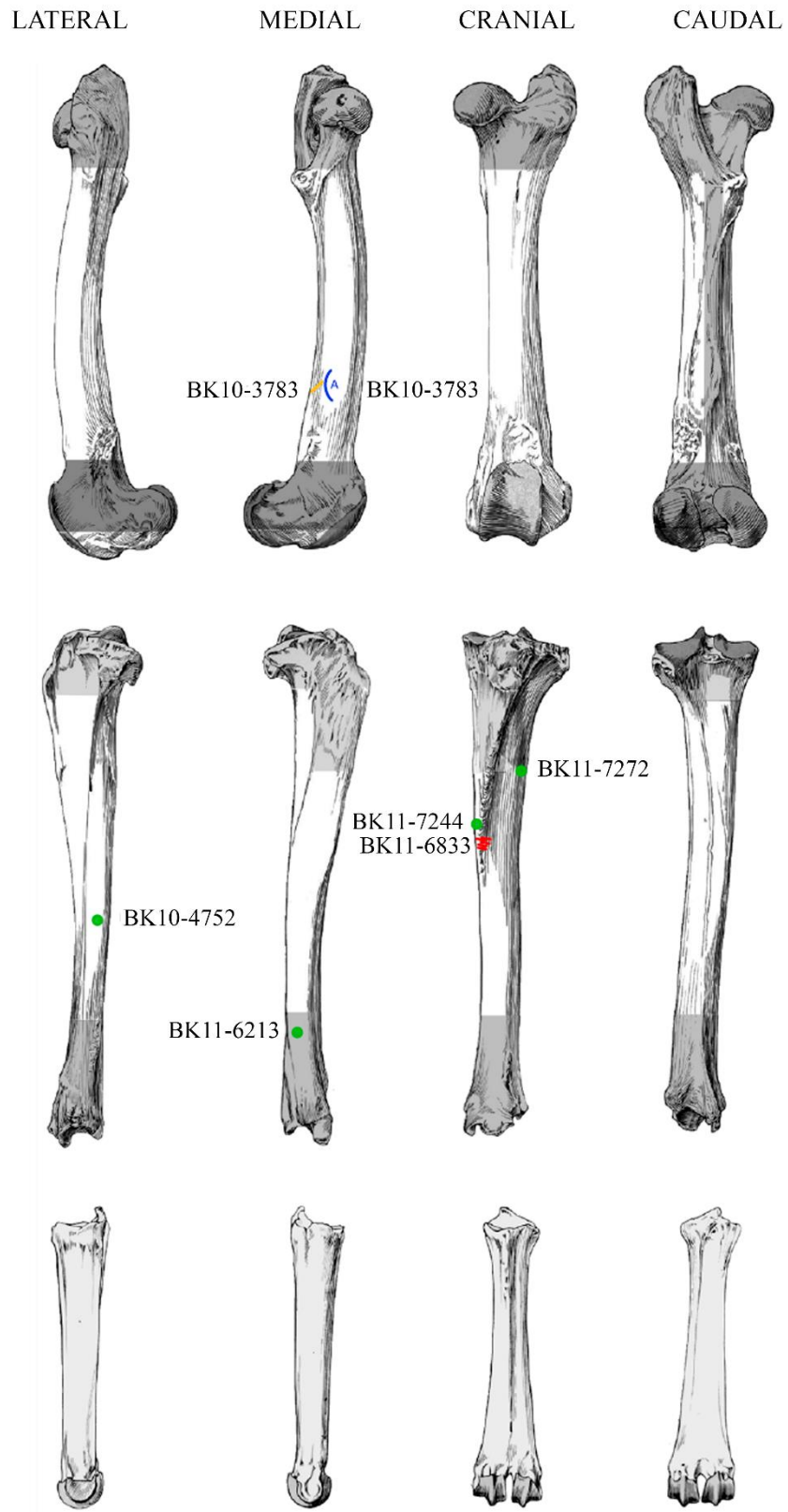


Figura 4.1.15. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

4.2 RESULTADOS EN BK4ab

4.2.1 La integridad del conjunto

El nivel 4 de BK fue dividido en dos subniveles 4a y 4b (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a). La parte superior del nivel, BK4a está parcialmente erosionado por el nivel BK3b que lo cubre, por lo tanto, algunos de sus materiales han podido ser re-trabajados, reelaborados y mezclados con los materiales de BK3b (Fig. 4.2.1) (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

En el presente estudio el material de BK4a (claramente diferenciado del nivel BK3b) se analiza junto con el material de

BK4b (BK4ab) puesto que no se ha observado un hiato vertical entre ambos subniveles (Fig. 4.2.2).

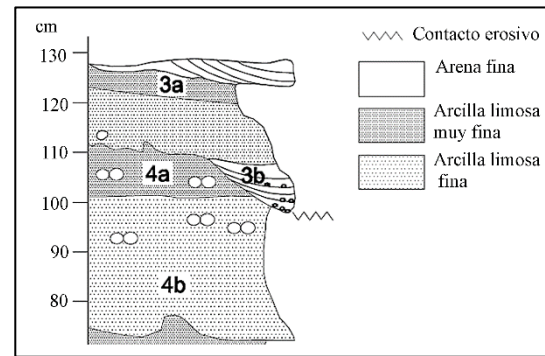


Figura 4.2.1. Sección estratigráfica detallada del nivel 4a y 4b

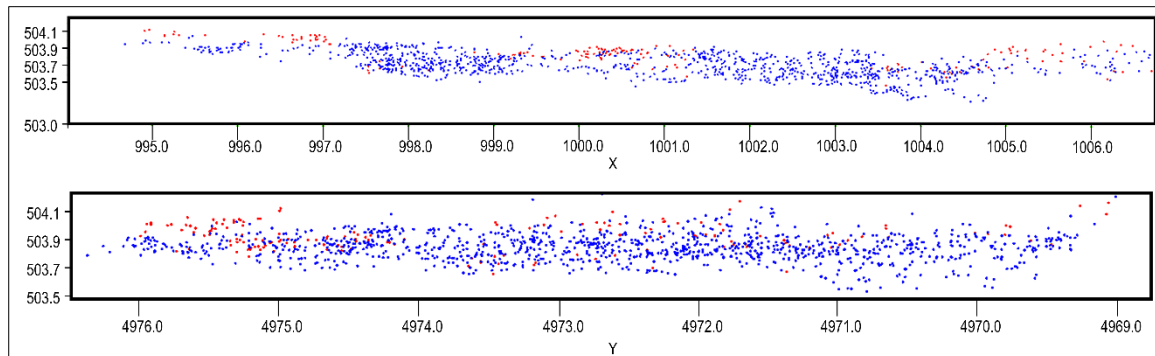


Figura 4.2.2. Distribución vertical de los restos óseos pertenecientes al nivel BK4a (rojo) y BK4b (azul).

Un total de 46 m² fueron expuestos en BK4ab, documentándose una gran cantidad de restos fósiles y útiles líticos (Fig. 4.2.3) asociados (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

La distribución de los materiales define varias áreas: al suroeste de la trinchera se encontró una mayor densidad de material lítico entre ellos abundantes piezas nodulares (Fig. 4.2.3). Al este se documentó

una mayor concentración de fósiles carbonatados y en el centro de la trinchera se observó una disposición circular de fósiles y herramientas (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a) (Fig. 4.2.3). La mayor densidad de material se localiza en la zona central y en el extremo noroeste (Fig. 4.2.4).

La aplicación de un Chi cuadrado sobre la muestra confirma que la distribución no es homogénea con un valor de p inferior a 0.05 ($X^2= 1360.4$; $df= 83$; $p\text{-valor} = <0.05$). La aplicación de la función *allstats* que agrupa las funciones de K, F, G, y J, confirma el patrón aglomerativo en BK4ab (Fig. 4.2.5) (Baddeley y Turner, 2005).

BK4ab ocupa un área mayor que los niveles precedentes y tiene un espesor variable de 20 a 30 cm, aunque en algunos lugares alcanza los 40 cm de potencia. Es

ligeramente ondulado e inclinado de 2-4° al NO.

El suelo de BK4b se creó gracias a una carga de fondo de baja densidad (<5 mm) compuesta por agregados de carbonato, clastos de arcilla y pequeños granos de arena que rellenaron, a pequeña escala y de forma discontinua, depresiones de menos de 2-3 cm de profundidad. Esto corresponde a un estadio de inundación inicial donde la erosión o las estructuras de escorrentía están ausentes, indicando un proceso de sedimentación de baja energía (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

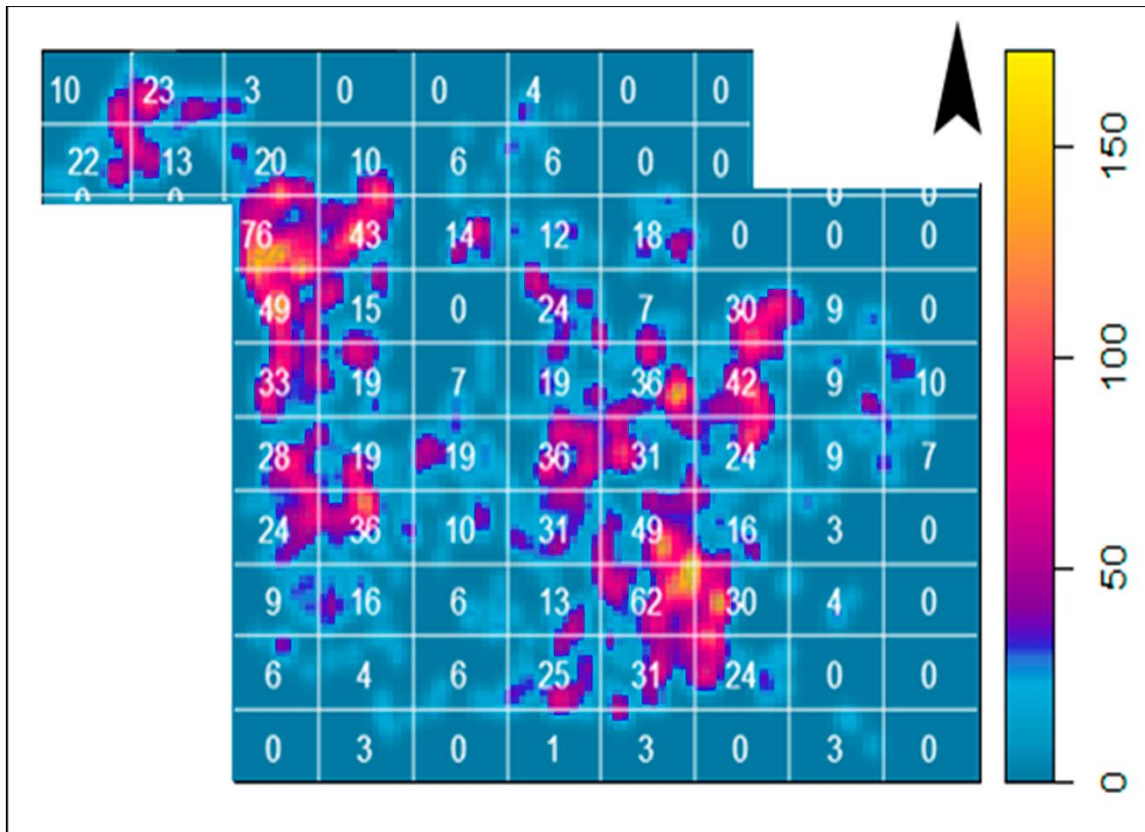


Figura 4.2.4. Patrón de puntos espacial en BK4ab mostrando las variaciones en la intensidad de material. Estimación de densidad de Kernel donde 1 es el valor para la desviación estándar de Gaussian *smoothing* Kernel (1dm).

Figura 4.2.3

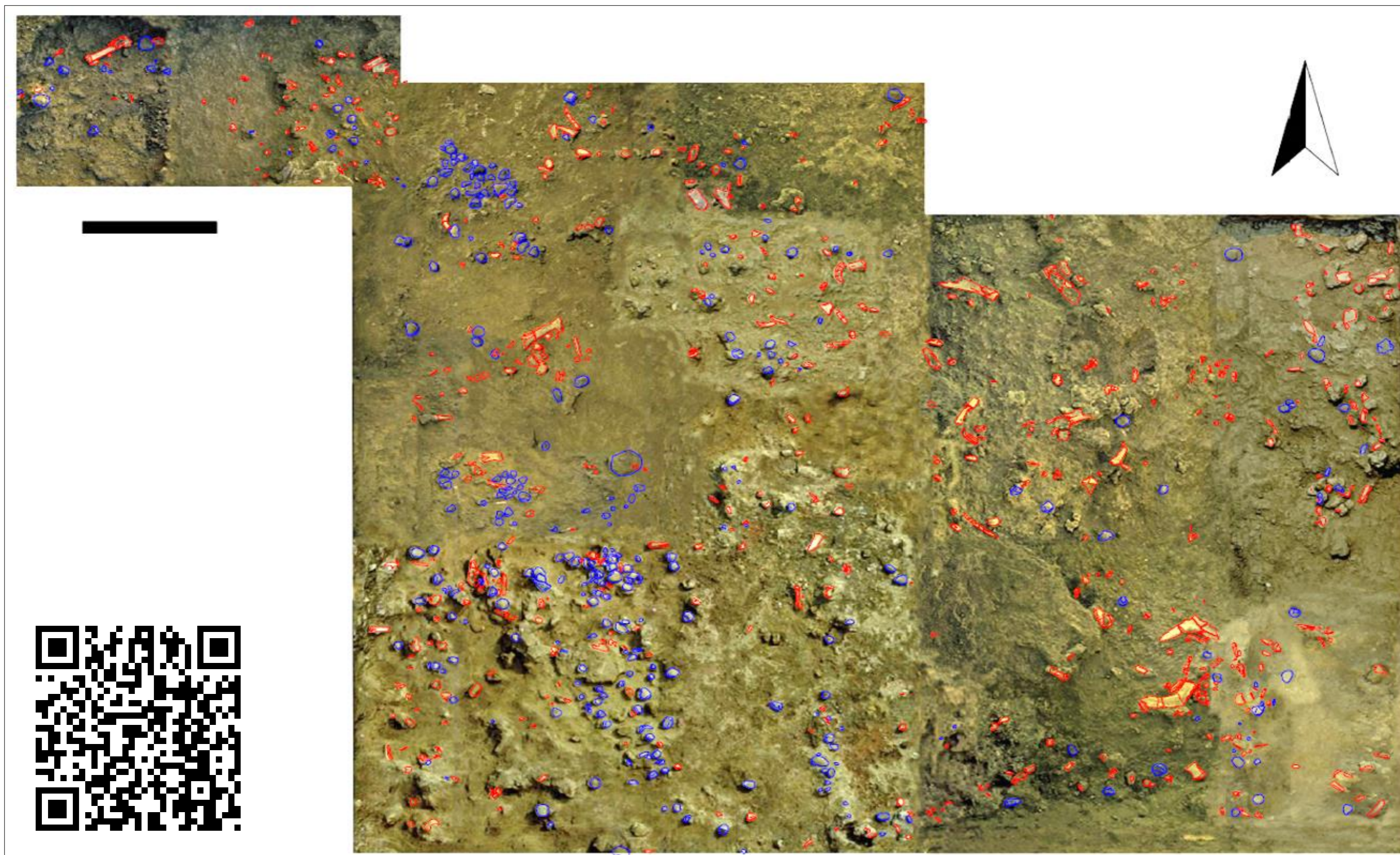


Figura 4.2.3. Superficie de BK4ab mostrando los restos óseos (rojo) y las herramientas de piedra (azul). Escala = 1 m.

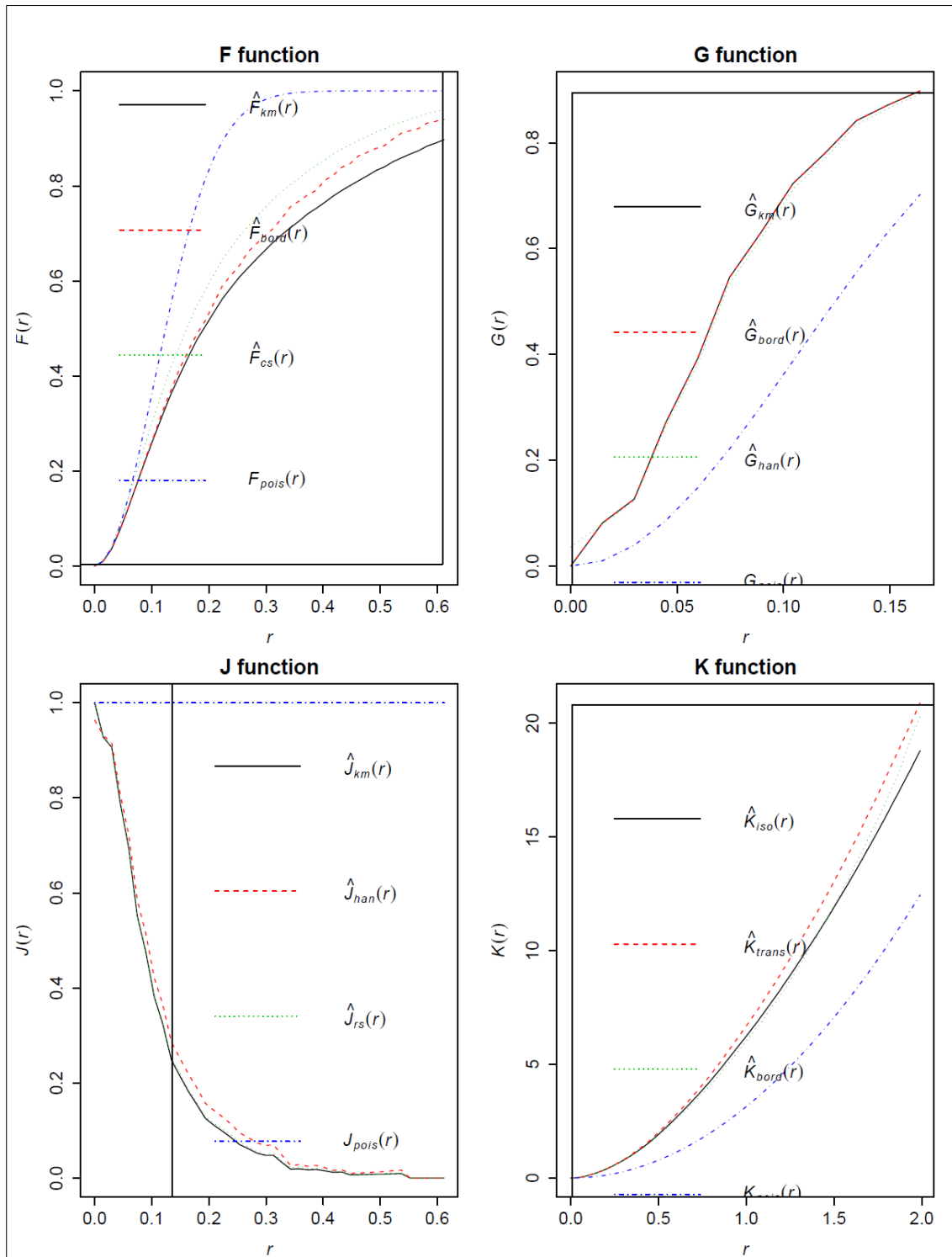


Figura 4.2.5. Representación de la función *Allstats* mostrando los test K, F, G, y J. Todos ellos indican que hay un patrón aglomerativo en BK4ab.

BK4 es masivo y se compone de arcilla (33%), limo (22%), arena fina y muy fina (33%) y arena media (12%). BK4a tiene unos 5-10 cm de potencia y se compone

de arcilla (38%), limo (35%), arena fina y muy fina (9%, 14%). BK4b tiene una potencia de 10-20 cm y se compone en su mayoría de limo arenoso. Esta secuencia

corresponde a un estadio de baja energía del flujo de agua (decantación). El material arqueológico se concentra verticalmente en dos posiciones: en la parte superior con alguna dispersión vertical (BK4a) y en la parte inferior del depósito (BK4b) (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a) (Fig. 4.2.2).

La orientación de los elementos arqueológicos (huesos y lítica) muestra una ligera inclinación, pero la tendencia es hacia la horizontalidad (Fig. 4.2.6). La dirección media es de aproximadamente 18° Este- 198° Oeste, como se observa en el intervalo de confianza del 95% del estereograma (Fig. 4.2.6) (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

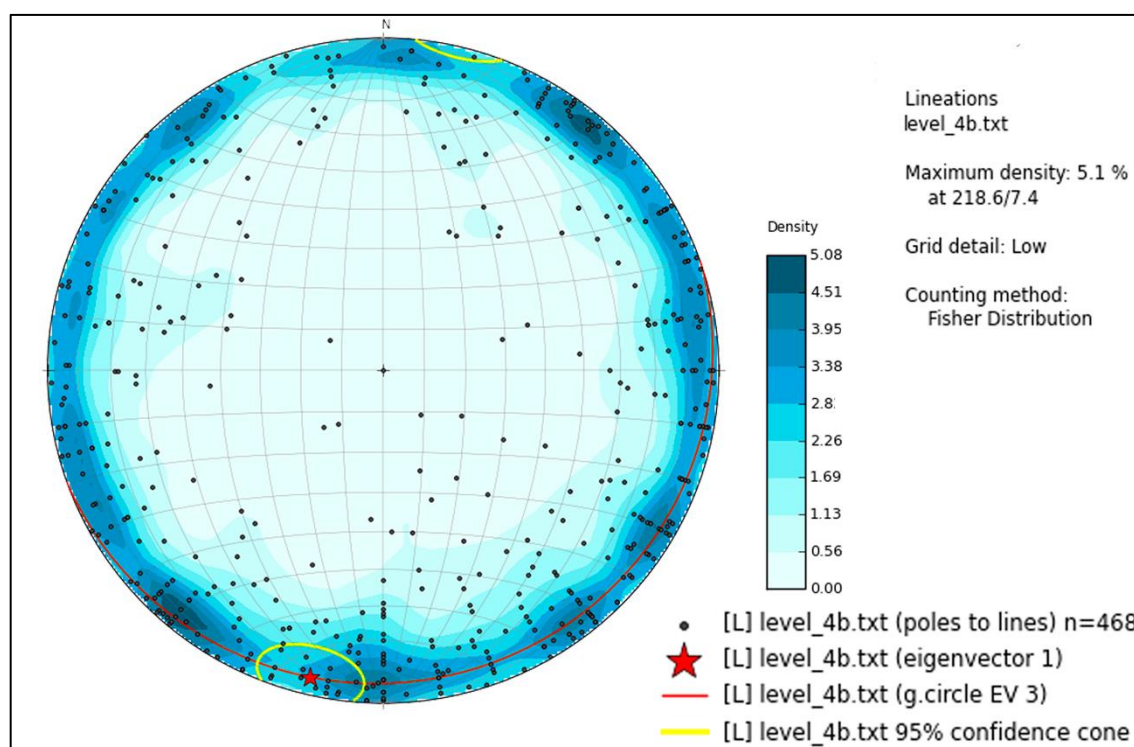


Figura 4.2.6. Estereograma que refleja la inclinación y orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK4ab. Se muestra el primer eigenvector con la distribución de la media del conjunto y el tercer eigenvector que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

El diagrama de Rosas muestra una orientación isotrópica (uniforme) claramente identificable (Fig. 4.2.7) y el diagrama de Woodcock revela una fábrica isotrópica en el conjunto, con una distribución K de Von Misses inferior a 0.2 (Fig. 4.2.8).

Las pruebas estadísticas confirman la hipótesis nula de una distribución uniforme. La prueba de Rayleigh ($R= 0.023$, $p=$

0.97), Kuiper ($V= 1.296$, $p= 0.15$), y Watson ($U_2= 0.046$, $p= 0.5$), con unos valores de p superiores a 0.05 indican que el conjunto no tiene orientación preferente como ya indico Domínguez-Rodrigo et al., (2014a).

Estos análisis sugieren que el conjunto es autóctono y que la perturbación postdeposicional por flujos hidráulicos debió ser lo suficientemente débil como para no crear

estructuras anisotrópicas en el depósito (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

La distribución de los especímenes óseos en función de su longitud y tamaño de carcasa, muestra un claro sesgo para los especímenes de menos de 30 mm. La fracción que comprende los especímenes entre 31 y 60 mm es la más abundante junto con los especímenes de más de 100 mm (Fig. 4.2.9). Cuando analizamos los

huesos fracturados en fresco observamos como el número de especímenes disminuye drásticamente. La abundancia de especímenes < 70 mm es resultado de la fracturación diagenética (Fig. 4.2.9).

Los huesos fracturados en fresco muestran una mayor frecuencia de especímenes entre 31-60 mm y >100 mm (Fig. 4.2.9).

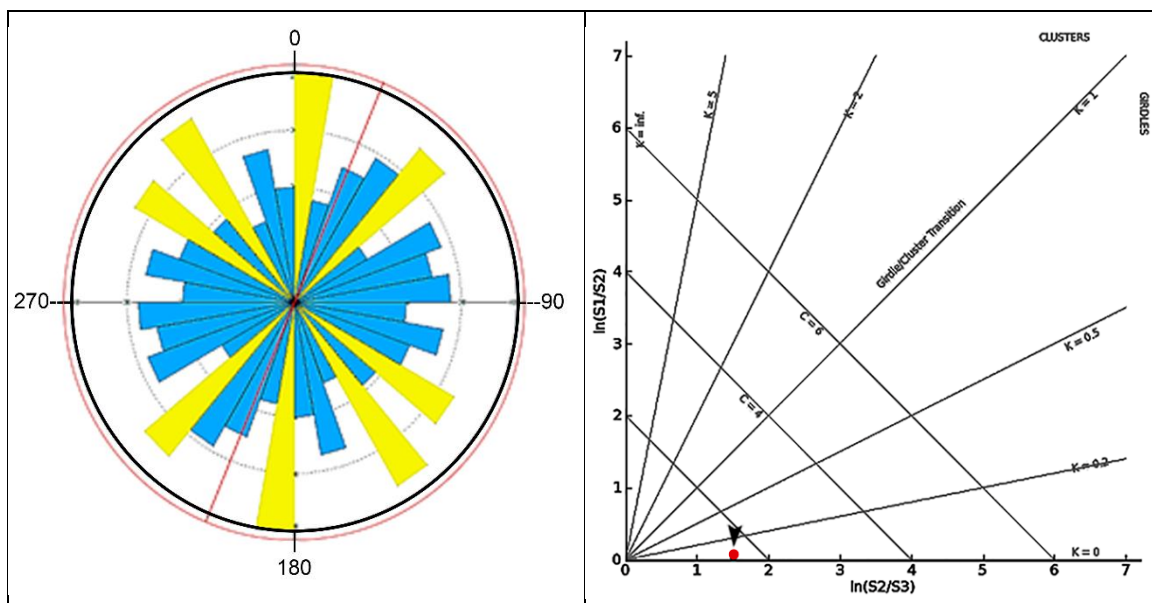


Figura 4.2.7. Diagrama de rosas indicando la orientación uniforme de los datos y su tendencia.

Figura 4.2.8. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior a 0.2.

Los fragmentos correspondientes a carcasas de tamaño pequeño están infrarrepresentados. Las carcasas de tamaño medio muestran una mayor frecuencia de fragmentos entre 31-40 mm y las carcasas de tamaño grande están representadas por especímenes >100 mm y por los fragmentos entre 51 y 60 mm (Fig. 4.2.9). La alta representación de fragmentos de hueso >100 mm es causada sobre todo por la

abundancia de fragmentos correspondientes a carcasas de tamaño grande.

Si consideramos por separado los huesos de las extremidades observamos como los huesos apendiculares fracturados en fresco muestran un patrón similar de distribución que el conjunto de huesos apendiculares independientemente del tipo de fractura (Fig. 4.2.10). Los fragmentos entre 31 y 60 mm son los más abundantes

sugiriendo una moderada perturbación postdeposicional (Fig. 4.2.10) (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

Cuando analizamos la distribución de los especímenes diafisarios en función de su longitud, tamaño de carcasa, y si muestran pulido o no en su superficie, observamos que los tres rangos de tamaño están bien representados en las diferentes categorías (Fig. 4.2.11).

Estos análisis sugieren que el conjunto no sufrió ningún transporte por flujos de agua, apoyando la autoctonía de la asociación faunística.

En BK4ab, encontramos 1446 fragmentos óseos, de éstos sólo un 7.3% (n= 106) presentan una matriz de carbonato y el 28% (n= 400) muestra modificaciones causadas por el agua.

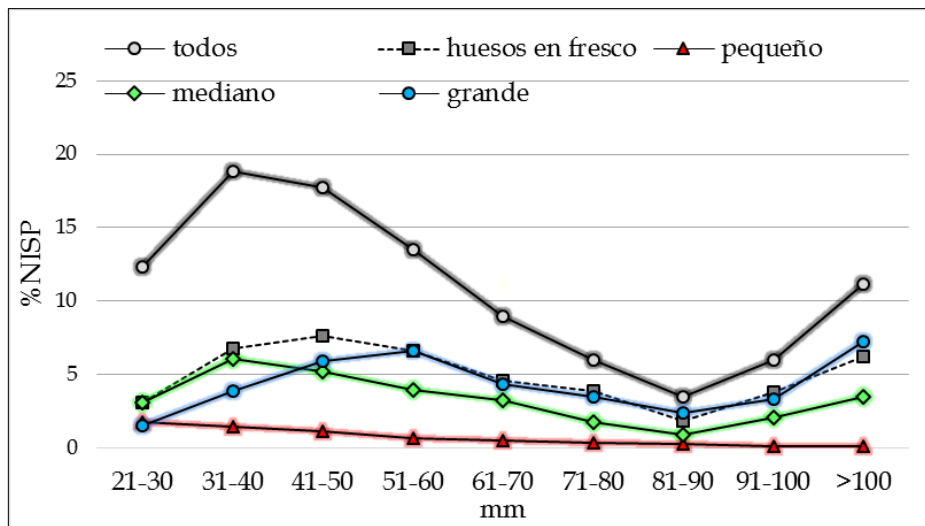


Figura 4.2.9. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

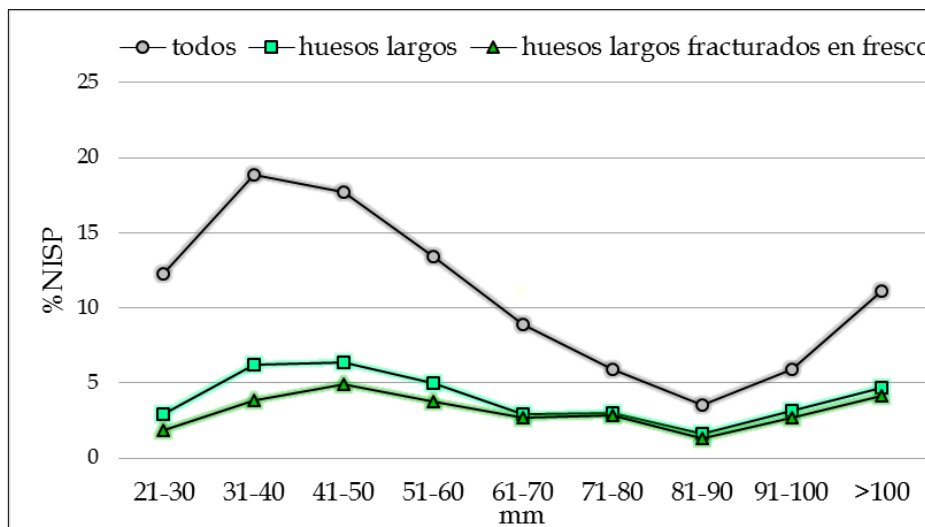


Figura 4.2.10. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y fractura

La mayoría del conjunto (64%) muestra exfoliación, y alteraciones químicas, características de los huesos expuestos al agua o la humedad durante largos periodos de tiempo (Fernández-Jalvo 1992, Nielsen-Marsh y Hedges, 1999). Sin embargo, sólo 256 (18%) especímenes muestran abrasión/pulido con independencia de su tamaño, mientras que el 82.2% de las muestras no reflejan alteración alguna. Además, el pulido cuando se

documenta normalmente solo afecta a una o dos de las superficies óseas, pero no a la muestra completa. Esto sugiere que, en lugar de ser transportados al yacimiento, los huesos pulidos probablemente son el resultado de la modificación física y química *in situ* debido a la lenta y constante circulación del agua dentro de la matriz sedimentaria (Thompson et al., 2011).

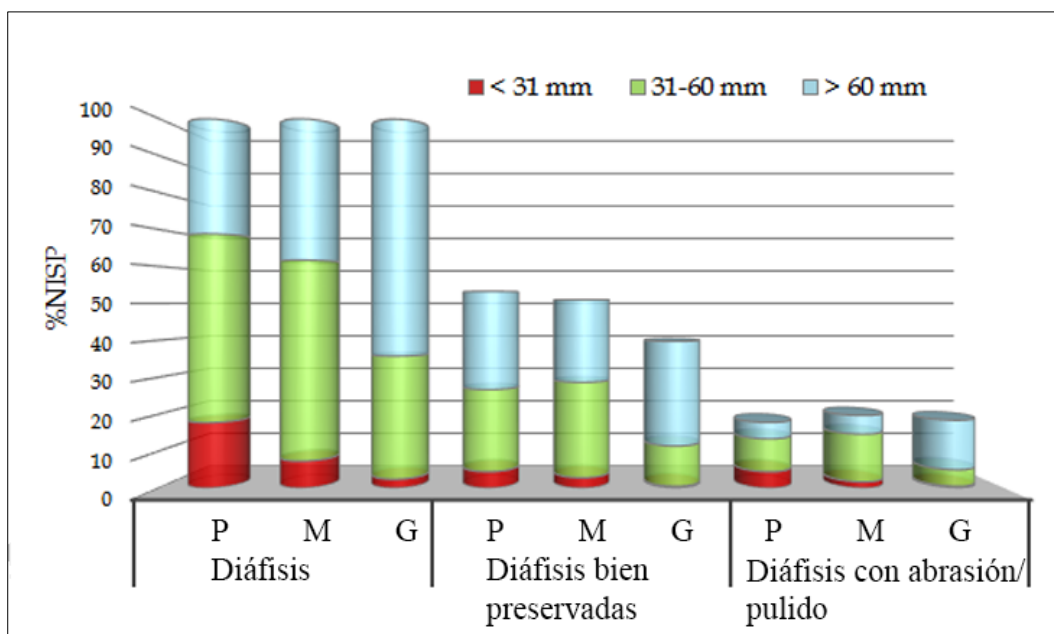


Figura 4.2.11. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P=pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

Como puede verse en la figura 4.2.12, la distribución espacial de los elementos en función de diferentes variables tafonómicas muestra que no hay una correlación espacial entre el tamaño de los especímenes y la presencia de abrasión/pulido. Esto descarta la interpretación de que los huesos con pulido fueron transportados. Además, los huesos afectados por agua y carbonato están presentes en las mismas zonas que los huesos con pulido/abrasión sugiriendo que dichas alteraciones se pro-

ducen *in situ*. Por otro lado, el solapamiento en la distribución espacial de los huesos con buena y mala conservación indica que la preservación diferencial es debida a la interacción del hueso con las propiedades del suelo.

Los análisis estadísticos aplicados confirman los resultados obtenidos en trabajos anteriores (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a) sobre el nivel 4b. El conjunto tiene una distribución isotrópica con una agrupación local y donde todos los fragmentos

óseos están homogéneamente representados independientemente de su longitud.

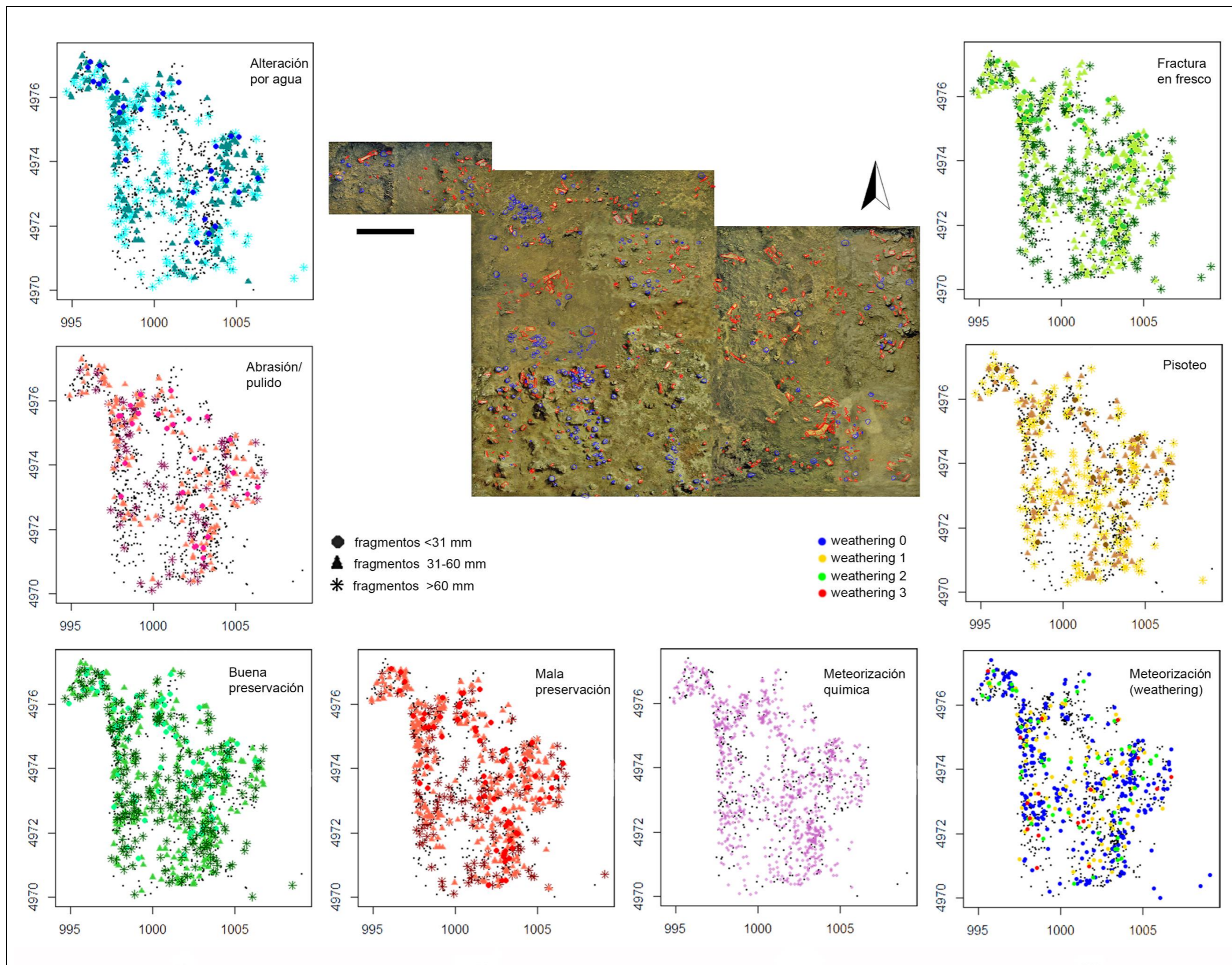


Figura 4.2.12. Distribución espacial de los materiales arqueológicos en BK4ab (centro de la imagen). Los gráficos muestran la distribución de cada fragmento óseo de acuerdo con su longitud y la variable tafonómica seleccionada.

4.2.2 Análisis Faunístico

El nivel BK4ab se compone de 1446 fragmentos óseos que representan una gran variedad de especies. De estos fragmentos, sólo 1088 se han podido atribuir a tamaño de carcasa.

Los animales de tamaño grande (n= 553) están mejor representados que los animales de tamaño medio (n= 437) o pequeño (n= 98) identificándose un total de 35 individuos (Tabla 4.2.1). Sí tenemos en cuenta solo los herbívoros (incluyendo los suidae) encontramos 3 carcargas de tamaño pequeño, 17 de tamaño medio y 11 de tamaño grande (Fig. 4.2.13).

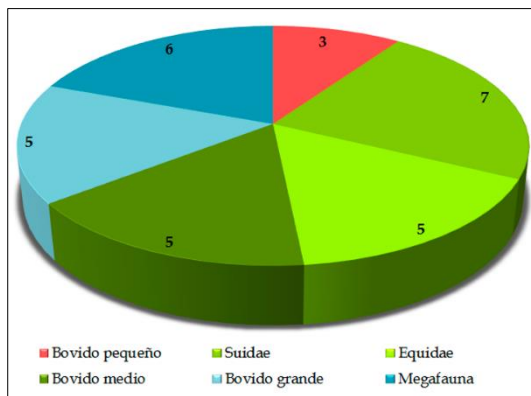


Figura 4.2.13. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verde: animales de tamaño medio. Azul: animales de tamaño grande.

Perfiles esqueléticos

La comparación entre el NME y NMI (Tablas 4.2.2-4.2.4) muestra que las frecuencias de partes anatómicas para los tres tamaños de carcarga están dominadas por los huesos apendiculares y craneales, a diferencia del esqueleto axial y los huesos compactos que están infrarrepresenta-

dos. Los elementos correspondientes a escápula y pelvis aparecen variablemente representados (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

	NMI	
	Adulto	Juvenil
Antilopini		
<i>Antidorcas recki</i>	2	
Reduncini		
<i>Kobus cf. kob</i>	1	
Tragelaphini		
<i>Tragelaphus sp.</i>		1
<i>Taurotragus oryx</i>	1	
Alcelaphini		
<i>Connochatetes taurinus</i>	2	
Alcelaphini tamaño 3a	2	
<i>Megalotragus sp.</i>	1	
Bovini		
<i>Syncerus acoelotus</i>	1	
<i>Pelorovis oldowayensis</i>	2	
Suidae		
<i>Kolpochoerus olduvaiensis</i>	3	
<i>Metridiochoerus compactus</i>	4	
Equidae		
<i>Hipparion cornelianum</i>	1	
<i>Hipparion sp.</i>	1	
<i>Equus oldowayensis</i>	2	1
Hippopotamidae		
<i>Hippopotamus sp.</i>	1	1
Rhinocerotidae		
<i>Ceratotherium sp.</i>	1	
Elephantidae		
<i>Elephas sp.</i>	1	
Giraffidae		
<i>Sivatherium sp.</i>	1	1
Cercopithecidae		
<i>Theropithecus sp.</i>	1	
Hominidae		
<i>Paranthropus boisei</i>	1	
Felidae		
<i>Panthera cf. leo</i>	1	
Hystricidae		
<i>Hystrix sp.</i>	1	
Total		35

Tabla 4.2.1. Número mínimo de individuos identificados en BK4ab.

Las carcasas de tamaño pequeño se componen principalmente por elementos craneales (100%) y apendiculares (62%) correspondientes sobre todo a diáfisis de metapodios y tibia. Los especímenes epifisarios son escasos (n= 10) y la mayoría se caracterizan por su relativa densidad ósea (distal de húmero, proximal de radio, distal de metacarpo). El esqueleto axial es escaso documentándose solo unas cuantas costillas (n= 9), y una pelvis. Los huesos compactos están infrarrepresentados (7%) (Fig. 4.2.14, Tabla 4.2.2).

Los animales de tamaño medio muestran una mayor frecuencia de elementos apendiculares, destacando húmero y tibias (100%) correspondientes tanto a epífisis (n= 36) como a diáfisis (n= 161), siendo los fragmentos diafisarios de húmero y tibia los más abundantes. Las epífisis pertenecen en su mayoría a los elementos más densos, como son el distal de tibia o el proximal de metatarso. Los elementos craneales están representados en un 97% y las escápulas y coxales en un 89%. El esqueleto axial está infrarrepresentado (18%) si tenemos en cuenta el número de individuos, aunque se han recuperado abundantes elementos de costilla (n= 13). Los huesos compactos son escasos con unos porcentajes inferiores al 12% (Fig. 4.2.15, Tabla 4.2.3).

Las carcasas de tamaño grande muestran una representación anatómica más homogénea. Los elementos apendiculares son los mejor representados (100%) sobre todo los especímenes diafisarios de húmero y tibia, aunque las epífisis también están presentes (n= 35). La mayoría corresponden a epífisis de mayor densidad ósea como son el proximal de radio, el

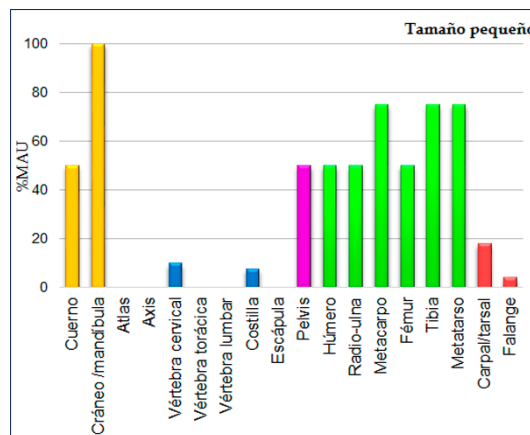


Figura 4.2.14. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

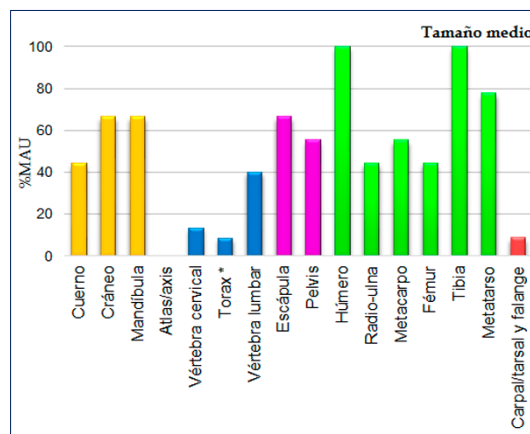


Figura 4.2.15. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

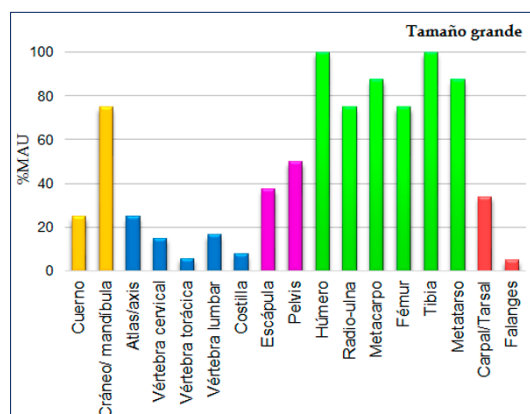


Figura 4.2.16. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

Tamaño Pequeño	NISP	NISP bien preservados	Marcas dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	6	4				2
Cráneo	4	4				2
Dientes	8	8				
Hemimandíbula	2	2	1	1		2
Vértebra cervical	2	2				1
Vértebra torácica	0	0				0
Vértebra lumbar	0	0				0
Vértebra indet.	3	2				2
Costilla	9	5	2	1	2	4
Escápula	0	0				
Coxal	1	0				1
Húmero						2
Epi. Proximal	0	0				
Diáfisis	3	1				
Epi. Distal	2	2	1			
Radio-Ulna						2
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	3	3			1	
Epi. Distal						
Metacarpal						3
Epi. Proximal		0				
Diáfisis	4	4			1	
Epi. Distal	3	1				
Fémur						2
Epi. Proximal	2	0				
Diáfisis	1	0				
Epi. Distal	1	0				
Tibia						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	8	5		1		
Epi. Distal	1	1				
Metatarsal						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	10	4	2	1	1	
Epi. Distal						
ULB*	2	0				
ILB*	0	0				
LLB*	0	0				
Diáfisis indet.	11	4				
Rótula						
Cárpales/Társales	4	3				4
Falanges	2	2				2
Indet. no diafisario	5	1				
Total	98	58	6	4	5	35

Tabla 4.2.2. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcadas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño medio	NISP	NISP bien preservados	Marcas dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	6	5				4
Cráneo	10	7				3
Dientes	106	80				
Hemimandíbula	5	3		2	1	3
Vértebra cervical	3	3				3
Vértebra torácica	4	3			1	2
Vértebra lumbar						
Vértebra indet.	10	4		1	1	11
Costilla	42	26	4		3	13
Escápula	9	3	2		4	5
Coxal	8	7	1	1		6
Húmero						9
Epi. Proximal	1	1			1	
Diáfisis	38	19	3	2	5	
Epi. Distal	3	2	1			
Radio-Ulna						4
Epi. Proximal	2	2			1	
Diáfisis	7	5	1	2	1	
Epi. Distal	1	1	1			
Metacarpal						5
Completo	1	1	1			
Epi. Proximal	2	1				
Diáfisis	7	1	1			
Epi. Distal	3	2	1			
Fémur						4
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	12	9	2	3	1	
Epi. Distal	4	3				
Tibia						9
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	33	16	3	6	1	
Epi. Distal	6	5	3	2	3	
Metatarsal						7
Epi. Proximal	7	3	1			
Diáfisis	9	4		1		
Epi. Distal	3	1				
ULB*	12	4	1	1		
ILB*						
LLB*	11	2				
Diáfisis indet.	31	16	2	3		
Rótula	1	1				
Cárpales/Társales	11	6			1	11
Falanges	3	2				3
Indet. no diafisario	24	6	1			
Total	437	255	29	24	24	102

Tabla 4.2.3. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño grande	NISP	NISP bien preservados	Marcas dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	28	18				2
Cráneo	28	16				3
Dientes	60	36				
Hemimandíbula	4	2		1		4
Vértebra cervical	8	4	1		1	4
Vértebra torácica	6	0	1			3
Vértebra lumbar	2	0				2
Vértebra indet.	6	3				2
Costilla	65	25	5	1	3	8
Escápula	7	5				4
Coxal	8	2				3
Húmero						8
Completo	1	1				
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	33	16	2	6	2	
Epi. Distal	1	1			1	
Radio-Ulna						6
Epi. Proximal	7	2		1		
Diáfisis	7	6		3	1	
Epi. Distal	1	1				
Metacarpal						7
Epi. Proximal	2					
Diáfisis	2	1				
Epi. Distal	8	1				
Fémur						6
Epi. Proximal	1	1			1	
Diáfisis	15	7	1	2	1	
Epi. Distal	1	0				
Tibia						8
Epi. Proximal	1	0				
Diáfisis	36	21	1	10	4	
Epi. Distal	2	2			1	
Metatarsal						7
Completo	1	1				
Epi. Proximal	6	3		1		
Diáfisis	3	2		2		
Epi. Distal						
ULB*	8	3				
ILB*	3	0				
LLB*	3	1				
Diáfisis indet.	80	18	2	4	2	
Rótula						
Cárpales/Társales	15	8				15
Falanges	5	4			1	5
Indet. no diafisario	88	13	1			
Total	553	224	14	31	18	97

Tabla 4.2.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcacas de tamaño grande. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

distal de metacarpo y el proximal de metatarso. Los elementos craneales también muestran una elevada representación (87%) mientras que los elementos escapulares y pelvianos muestran un porcentaje del 50%. El esqueleto axial y los huesos compactos están infrarrepresentados (Fig. 4.2.16, Tabla 4.2.4).

Cuando cuantificamos los perfiles esqueléticos a través del índice de uniformidad de Shannon (Faith y Gordon, 2007) obtenemos unos valores de 0.99 para carcasas de tamaño pequeño, 0.95 para carcasas de tamaño medio y 0.97 para las de tamaño grande (Tabla 4.2.5). Estos resultados indican que los elementos de alta supervivencia están representados de manera uniforme en el conjunto, independientemente del tamaño de carcasa.

	Pequeño	Mediano	Grande
<i>n</i>	19	44	49
Índice de uniformidad	0.99	0.95	0.97

Tabla 4.2.5 Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcasa.

Por lo tanto, la mayoría de las carcasas no fueron transportadas de forma selectiva al yacimiento, sino que fueron obtenidas en el mismo o muy próximas a él (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a). No obstante, el tamaño de la muestra para los animales de menor tamaño es pequeña como para obtener una interpretación definitiva.

Cuando comparamos la representación de los elementos de alta supervivencia con los índices de utilidad alimenticia para cada tamaño de carcasa, se observa que no hay una correlación significativa entre

los elementos y su utilidad económica (Tabla 4.2.6).

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	-0.04	-0.02	0.05
<i>F</i>	0.70	0.69	1.9
<i>p</i>	0.43	0.41	0.18
Spearman			
<i>r_s</i>	-0.26	0.24	-0.20
<i>p</i>	0.53	0.36	0.42

Tabla 4.2.6. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Igual sucede cuando comparamos los índices de densidad ósea con los elementos de alta supervivencia, los resultados indican que no hay una relación significativa para las carcasas de tamaño medio y grande (Tabla 4.2.7). Los animales de tamaño pequeño muestran una correlación significativa entre los elementos de alta supervivencia y la densidad mineral (Tabla 4.2.7) indicando que hubieron de sufrir algún sesgo postdeposicional que elimino los elementos menos densos.

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	0.19	-0.01	0.06
<i>F</i>	2.71	0.82	2.15
<i>p</i>	0.15	0.37	0.16
Spearman			
<i>r_s</i>	0.71	0.33	0.29
<i>p</i>	0.04	0.20	0.24

Tabla 4.2.7. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

La baja frecuencia de elementos axiales sugiere que los carnívoros actuaron sobre el conjunto y/o que los flujos hidráulicos eliminaron los elementos menos densos

(Domínguez-Rodrigo et al, 2014a). Aunque como vimos anteriormente el conjunto es isotrópico y los fragmentos de tamaño pequeño están bien representados por lo tanto la alteración por flujos de agua hubo de ser mínima.

Modificaciones de la superficie ósea

De los 1446 fragmentos que componen la muestra el 44% (n= 637) conserva una buena cortical y el 42% (n= 609) está mal preservado. El restante (n= 200) muestra unas corticales en estado de conservación moderado. Las marcas bioquímicas causadas por hongos y bacterias están presentes en un 12% (n= 172). La microabrasión y el pisoteo muestran unos porcentajes del 24% (n= 346) y el 25% (n= 358) respectivamente. Si tenemos en cuenta solo la submuestra bien conservada el porcentaje de especímenes con marcas de pisoteo asciende al 37% (n=205) indicando que los sedimentos abrasionaron las superficies óseas.

La mitad de los huesos apendiculares (n= 290) muestran meteorización química producida por las condiciones geoquímicas del suelo. La meteorización se ha evaluado sobre 291 fragmentos correspondientes a huesos apendiculares. El 64.2% de los especímenes (n= 187) muestran un estadio 0, el 21% un estadio 1 (n= 61), el 9% un estadio 2 (n= 26) y finalmente el 2.7% muestran un estadio 3 (n= 8). Los estadios 4 y 5 no se han observado en el conjunto apendicular.

Se han documentado un total de 51 especímenes con marcas de corte. La mayoría corresponden a fragmentos de animales de tamaño medio (n= 24) y de tamaño

grande (n= 18) mientras que las carcadas de tamaño pequeño solo contienen 5 especímenes con marcas de corte. Los otros 4 fragmentos con marcas son especímenes indeterminados.

Las marcas de corte documentadas en las carcadas de tamaño pequeño se localizan en dos fragmentos de costilla (Tabla 4.2.2) y en tres fragmentos diafisarios (radio-ulna, metacarpo y metatarso) (Tabla 4.2.2, Fig. 4.2.17).

Las marcas de corte en animales de tamaño medio se localizan en elementos axiales (37.5%, n= 9) y apendiculares (58.3%, n= 14) solo un espécimen craneal contiene marcas de corte. El espécimen corresponde a un fragmento de hemimandíbula perteneciente a un tragelafino juvenil. Los fragmentos axiales con marcas de corte corresponden a cuatro escápulas, dos vértebras y tres costillas (Tabla 4.2.3). El húmero es el elemento con mayor frecuencia de marcas de corte 27.2% seguido por el radio-ulna 25% y la tibia 18%. Solo se ha documentado un fragmento de fémur (8.3%) con marcas de corte y un calcáneo (Tabla 4.2.3, Fig. 4.2.18). Si analizamos la frecuencia de marcas de corte por secciones apendiculares podemos observar como húmero y fémur muestran unos porcentajes idénticos a radio-ulna y tibia con unos valores del 18% (Tabla 4.2.8). La mayoría de las marcas se localizan en zonas calientes (61.5%) es decir en paquetes cárnicos donde la posibilidad de obtener carne es nula si los carnívoros han tenido un acceso primario a ellos (Fig. 4.2.18) (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a).

Las carcadas de tamaño grande contienen 19 fragmentos con marcas de corte. Cinco

(26.3%) de ellos pertenecen al esqueleto axial: tres costillas, una escápula y un atlas (Tabla 4.2.4). El esqueleto apendicular contiene 13 (68%) especímenes con marcas de corte la mayoría presentes en fémur (25%), tibia (21.7%), húmero (16.6%) y radio-ulna (11%) (Fig. 4.2.19). También se han documentado dos fragmentos diafisarios indeterminados con marcas de corte y una falange perteneciente a un jiráfido (Tabla 4.2.4). Al igual que en las carcasas de tamaño medio la mayoría de las marcas se localizan en zonas calientes (63%) (Fig. 4.2.19). El porcentaje de marcas de corte para los miembros superiores e intermedios es similar mostrando un 15% para húmero y fémur, y un 18% para radio-ulna y tibia (Tabla 4.2.8).

	Pequeño	Mediano	Grande
ULB	0/3	7/39	5/33
	0	18%	15%
ILB	1/9	6/33	6/34
	11%	18%	18%
LLB	2/9	1/17	0/9
	22%	6%	0
Diáfisis*	3/21	9/82	10/80
	14%	11%	13%
Epífisis	0/4	5/24	3/18
	0%	21%	17%
Total	3/25	14/106	13/98
	12%	13%	13%

Tabla 4.2.8. Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcasa. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. *Los fragmentos diafisarios incluyen 25 especímenes indeterminados pertenecientes a carcasas de tamaño pequeño (n= 4), medio (n= 16) y grande (n= 18).

Si además de utilizar la muestra bien conservada corregimos el conjunto por frac-

tura en seco podemos ver como el porcentaje de marcas de corte sobre las secciones diafisarias para los animales de tamaño medio (11%) y grande (13%) se asemeja más al modelo de acceso primario a las carcasas (Domínguez-Rodrigo 1997b; Gidna et al., 2014) (Tabla 4.2.9). Los miembros superiores no entran dentro del rango de un acceso primario, pero superan con creces el rango para un acceso secundario (Tabla 4.2.8) (Domínguez-Rodrigo 1997b; Gidna et al., 2014). Los valores obtenidos para los miembros intermedios de carcasas de tamaño medio y grande caen dentro del intervalo de un acceso primario superando los valores para un acceso secundario (Tabla 4.2.8) (Domínguez-Rodrigo 1997b; Gidna et al., 2014).

La presencia de marcas de corte en la superficie ventral de varias costillas revela que los homínidos evisceraron las carcasas (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a).

Un total de 59 especímenes muestran marcas de percusión. Los animales de tamaño pequeño solo contienen 4 fragmentos con marcas de percusión: una mandíbula, una costilla, una tibia y un metatarso (Tabla 4.2.2, Fig.4.2.17). Las carcasas de tamaño medio presentan 24 fragmentos con marcas de percusión, 20 (83%) de ellos pertenecen al esqueleto apendicular y los cuatro restantes aparecen sobre mandíbulas, vértebra y pelvis (Tabla 4.2.3). Las tibias presentan un mayor número de fragmentos con marcas de percusión (35%) seguido por los húmeros (15%), radios (5%) y metatarsos (5%) (Tabla 4.2.3, Fig. 4.2.18). El resto de las marcas están presentes en tres fragmentos diafisarios

indeterminados y sobre un fragmento de ulna (Tabla 4.2.3). Los animales de tamaño grande muestran un mayor número de fragmentos con marcas de percusión ($n=31$). El 93.5% se documenta sobre el esqueleto apendicular ($n=29$), solo dos aparecen sobre un fragmento de mandíbula y una costilla (Tabla 4.2.4). La tibia (34.4%) y el húmero (20.6%) son los elementos con mayor presencia de marcas. Los radios presentan cuatro fragmentos (13.8%), los metatarsos tres (10.3%) y los fémures dos (6.8%) (Tabla 4.2.4, Fig. 4.2.19).

Sí analizamos la muestra bien conservada y corregida por la fracturación en seco el porcentaje de especímenes diafisarios con marcas de percusión es de un 11% para las carcasas de tamaño pequeño, de un 29% para los animales de tamaño medio y de un 41% para los de tamaño grande. Cuando comparamos estos porcentajes con los marcos referenciales actuales observamos que tanto las carcasas de tamaño medio como grande caen dentro del modelo de Percusión (Blumenschine 1988, 1995; Capaldo 1997) sugiriendo que los homínidos explotaron la mayoría de los nutrientes medulares. Las carcasas de tamaño medio se asemejan al modelo Homínido- Carnívoro planteado por Blumenschine (1988, 1995)

El número de especímenes con marcas de dientes ($n=49$) es ligeramente inferior al número de especímenes con marcas de percusión ($n=59$), sugiriendo que los homínidos tuvieron un papel principal en la fracturación de los huesos.

Los animales de tamaño pequeño presentan 6 especímenes con marcas de dientes

que corresponden a una mandíbula, una costilla, un húmero, una tibia y dos metatarsales (Tabla 4.2.2, Fig. 4.2.17). Las carcasas de tamaño medio muestran 29 fragmentos con marcas de dientes, el 24% pertenecen al esqueleto axial ($n=7$) y el 72.4% ($n=21$) al esqueleto apendicular (Tabla 4.2.3). La tibia y el húmero son los elementos con una mayor frecuencia de marcas de dientes (Tabla 4.2.3, Fig. 4.2.18). Los animales de tamaño grande contienen 15 especímenes con marcas de dientes, 7 de ellos pertenecen al esqueleto axial (dos vértebras y cinco costillas) y otros 7 al esqueleto apendicular, siendo el húmero ($n=3$) el elemento con mayor frecuencia de marcas de dientes (Tabla 4.2.4, Fig. 4.2.19).

Corregida la muestra por buena preservación y fractura en seco el porcentaje de marcas de dientes sobre fragmentos diafisarios es del 11% para animales de tamaño pequeño, del 21% para animales de tamaño medio y del 8% para animales de tamaño grande. Cuando comparamos estos porcentajes con los marcos referenciales los resultados se asemejan al modelo de intervención primaria de homínidos con la actuación posterior de los hiénidos (Blumenschine 1988, 1995; Capaldo 1997). Aunque el porcentaje obtenido para las carcasas de tamaño medio y grande también entran dentro de los rangos establecidos en el modelo Félido-Homínido (Domínguez-Rodrigo et al., 2007b; Organista, et al., 2016).

	Carcasas de tamaño Pequeño			Carcasas de tamaño Mediano			Carcasas de tamaño Grande											
	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión									
<i>Número total de especímenes con marcas</i>																		
BK4a,b	6/99	6%	5/99	5%	4/99	4%	29/437	7%	24/437	5%	15/552	2.7%	18/552	3%	31/552	6%		
<i>Número total de especímenes bien preservados con marcas</i>																		
BK4a,b	6/59	10%	5/59	8%	4/59	7%	27/255	10.5%	20/255	8%	23/255	9%	15/223	7%	30/223	13%		
<i>Número total de especímenes con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>																		
BK4a,b	6/46.5	13%	5/46.5	11%	4/46.5	9%	27/214.5	12.5%	20/214.5	9%	23/214.5	11%	9/177.5	5%	15/177.5	8%	30/177.5	17%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas</i>																		
BK4a,b	3/53	6%	3/53	6%	2/53	4%	21/195	11%	13/195	7%	20/195	10%	7/223	3%	13/223	6%	29/223	13%
<i>Número total de especímenes apendiculares bien preservados con marcas</i>																		
BK4a,b	3/26	11%	3/26	11%	2/26	8%	19/99	19%	12/99	12%	20/99	20%	5/88	5.6%	11/88	13%	28/88	32%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>																		
BK4a,b	3/21	14%	3/21	14%	2/21	9%	19/80.5	24%	12/80.5	15%	20/80.5	25%	5/72	7%	11/72	15%	28/72	39%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas</i>																		
BK4a,b	2/43	5%	3/43	7%	2/43	5%	14/161	9%	8/161	5%	18/161	11%	7/192	4%	10/192	5%	27/192	14%
<i>Número total de especímenes diafisarios bien preservados con marcas</i>																		
BK4a,b	2/22	9%	3/22	14%	2/22	9%	13/77	17%	7/77	9%	18/77	23%	5/77	6.4%	8/77	10%	26/77	34%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas bien preservados y con fractura en seco</i>																		
BK4a,b	2/17.5	11%	3/17.5	17%	2/17.5	11%	13/63	21%	7/63	11%	18/63	29%	5/63	8%	8/63	13%	26/63	41%

Figura 4.2.9. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK4ab según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

Fracturación ósea

El análisis de 1053 especímenes con fracturas, muestra que el 39.6% (n= 417) de los fragmentos presentan fractura en fresco, y el 39% (n= 412) muestra fractura en seco, y 226 (21.4%) presentan ambos tipos de fractura. La mayoría de las fracturas en seco se producen sobre especímenes apendiculares (n= 111) seguido por axiales (n= 105) y craneales (n= 60). Las fracturas en fresco también son más frecuentes en el esqueleto apendicular (n= 281), mientras que los fragmentos axiales (n= 39) y craneales (n= 32) muestran muy pocos fragmentos con fractura en fresco. Cuando analizamos solo los fragmentos diafisarios (n= 543) observamos como los especímenes con fractura en fresco (59%, n= 271) son más abundantes que los fragmentos con fractura en fresco (19.5%, n= 106). El 26.7% (n= 145) presenta ambos tipos de fractura y el 3.8% (n= 21) de los especímenes muestra fractura ambigua.

Los tipos de circunferencia diafisaria muestran que el Tipo 1 es predominante con un 88.7% (n= 448), Tipo 2 y Tipo 3 muestran una frecuencia más baja con un 3.3% (n= 17) y 7.9% (n= 40), respectivamente. La elevada presencia de circunferencias diafisarias de tipo 3 es indicativo de la actuación de los carnívoros sobre el conjunto faunístico (Bunn, 1982), si bien, en el conjunto de BK4ab se ha documentado un patrón de fracturación producido por los homínidos donde la circunferencia diafisaria generada es del tipo 3 (ver capítulo 5, Fig. 5.14 y 5.15).

Se han documentado un total de 37 especímenes con muescas, pudiéndose identificar el tipo de muesca en 33 de ellos. Las muescas completas (tipo A) están presentes en 15 especímenes correspondientes en su mayoría a carcassas de tamaño medio (n= 9) y grande (n= 5). Las muescas incompletas (tipo B) aparecen en 5 especímenes pertenecientes a carcassas de tamaño grande. Las muescas dobles solapadas (tipo C) se encuentran en otros 5 fragmentos y las muescas dobles opuestas (tipo D) se han documentado en un único espécimen. También se han documentado 6 fragmentos óseos conteniendo dos tipos de muescas; tipo C y D. La fragmentación y la presencia de carbonato en la superficie medular han imposibilitado la toma de medidas completas.

La baja frecuencia de muescas dobles solapadas (15%) y opuestas (3%) propias de conjuntos fracturados por carnívoros (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a) en contraste con la alta frecuencia de muescas completas (45.4%) refleja un modelo similar al documentado en conjuntos fracturados por carga dinámica (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Además, la alta frecuencia de marcas de percusión (similar al modelo de Homínido-Carnívoro) y la escasez de marcas de dientes en los huesos largos sugiere que la percusión es el proceso principal en la fracturación de las diáfisis.

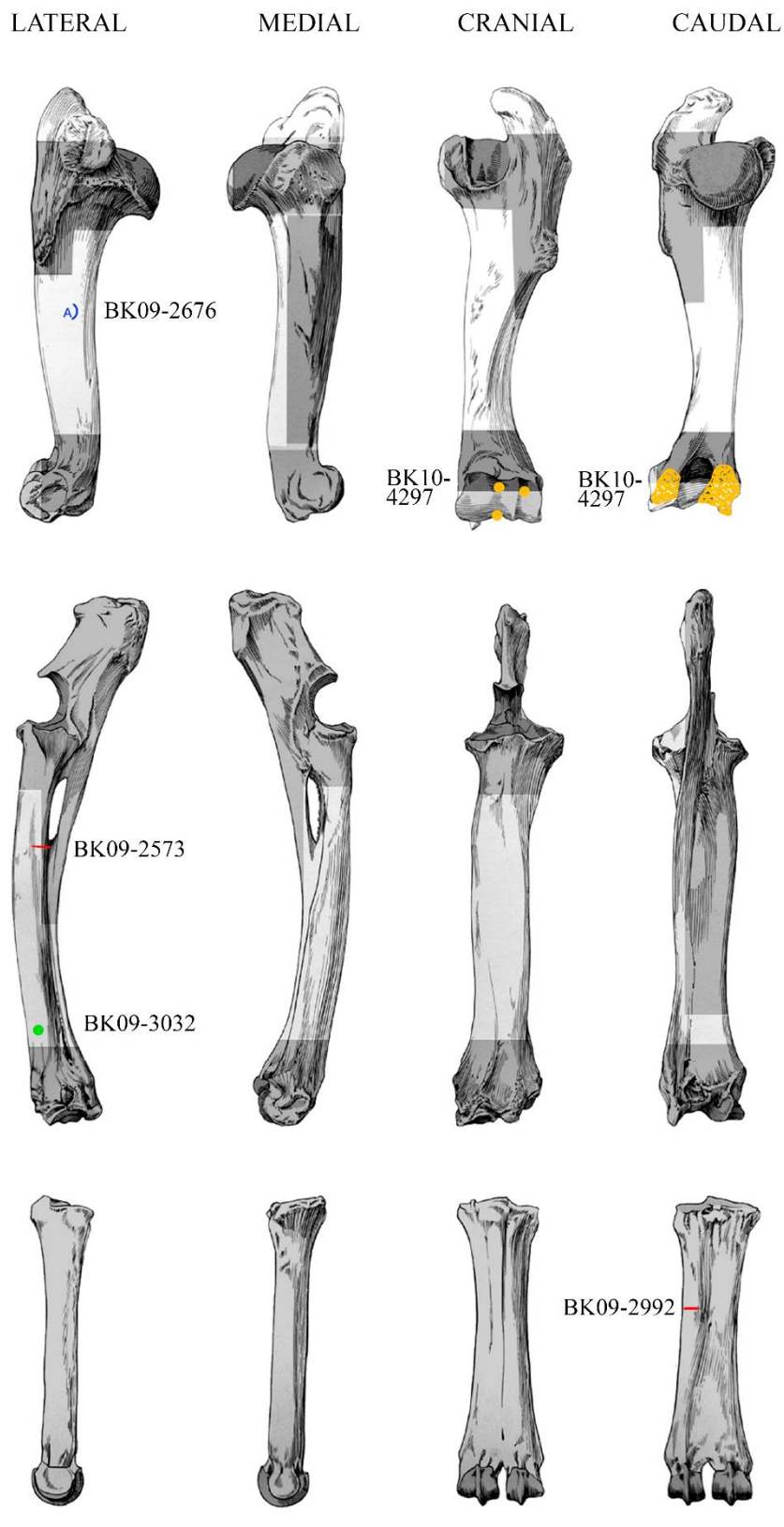
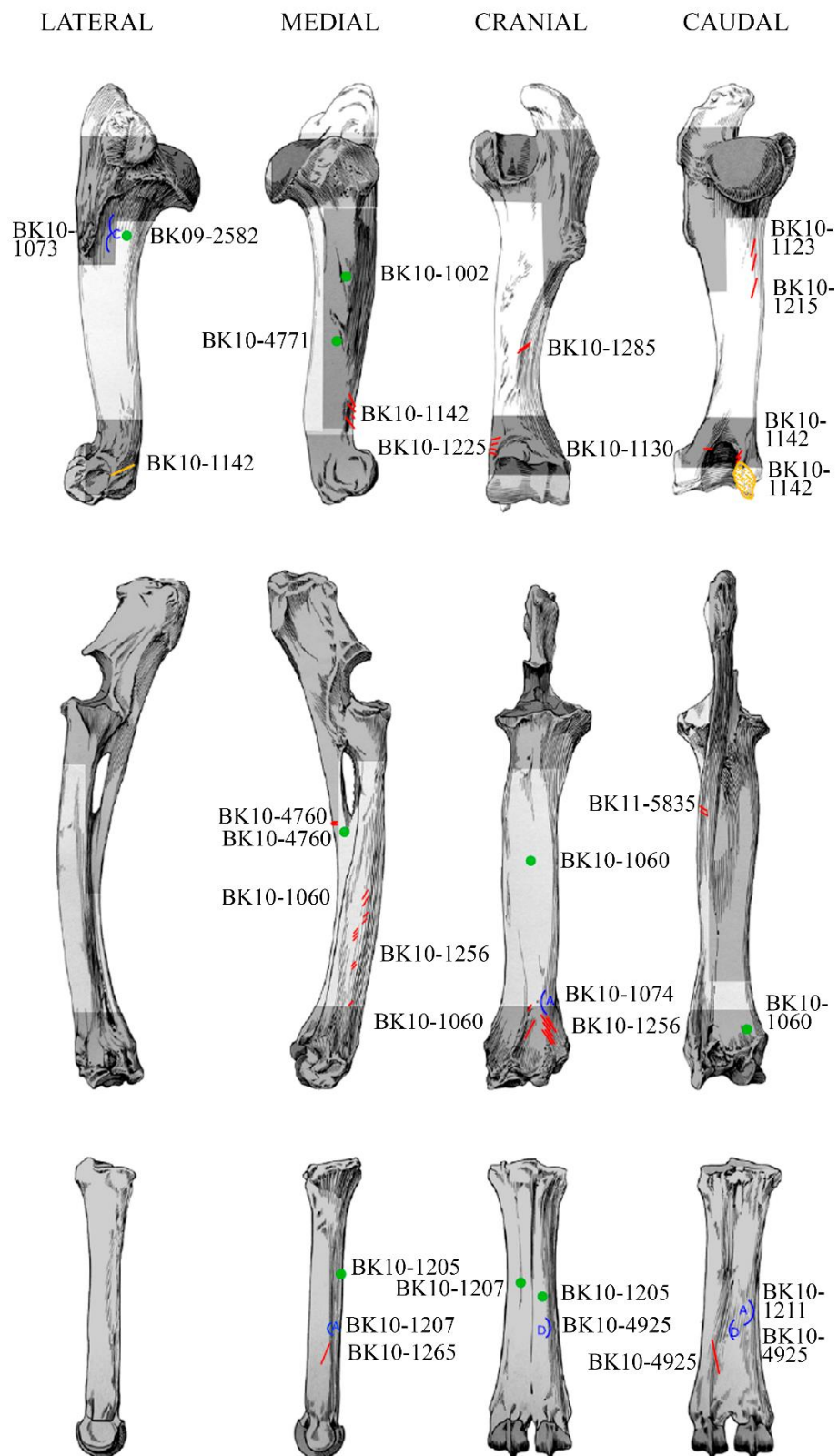




Figura 4.2.17. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



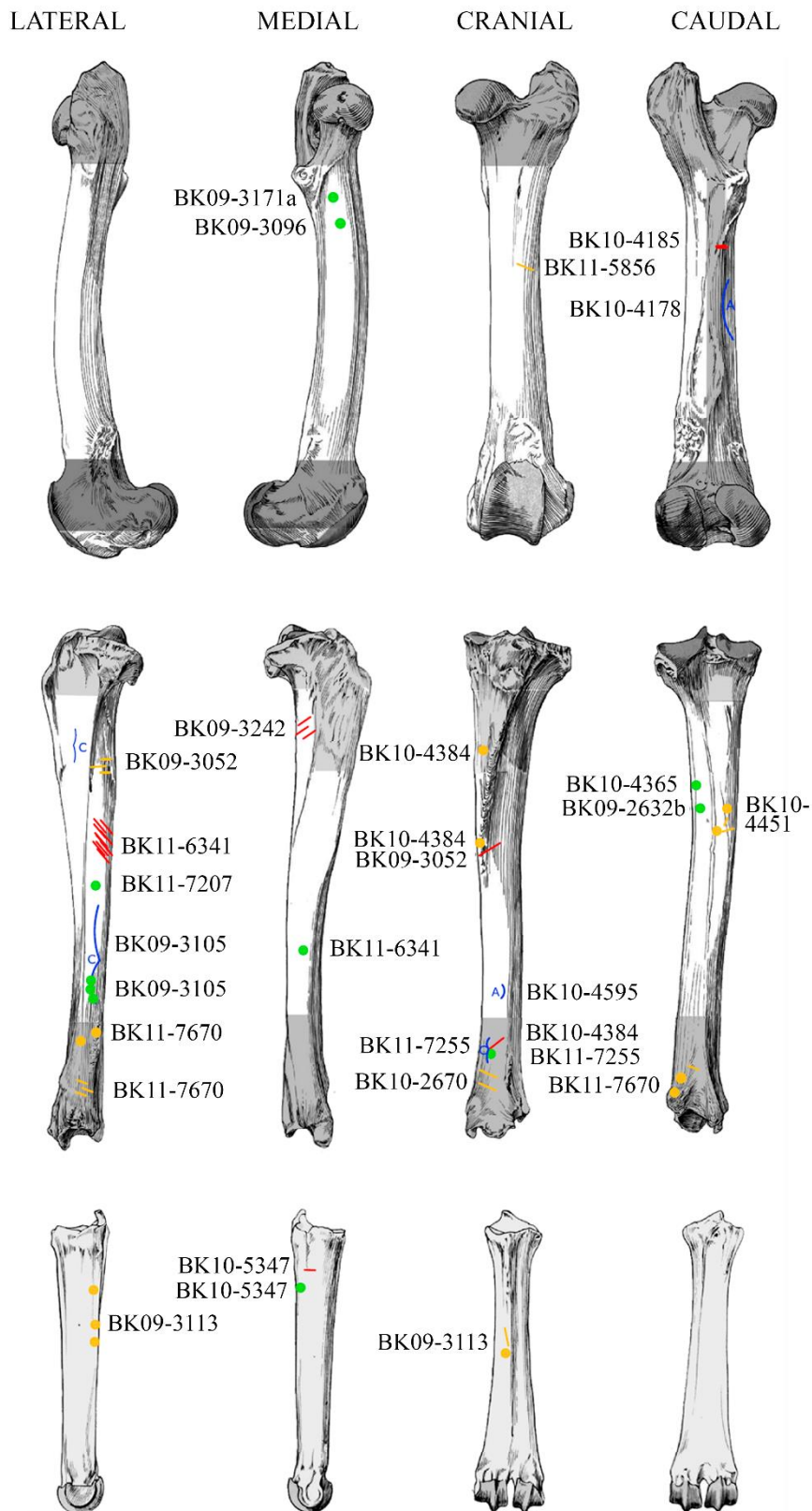
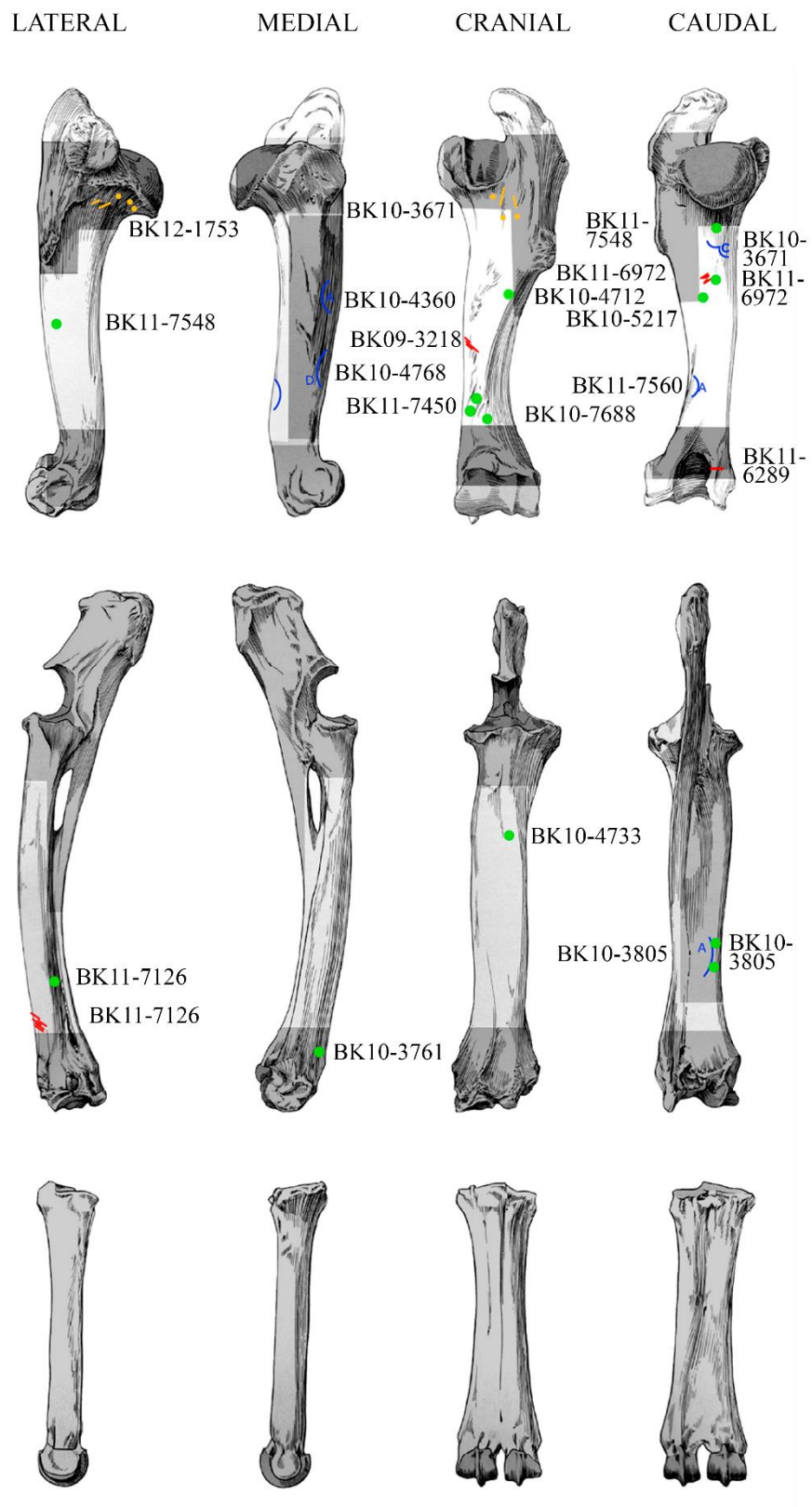


Figura 4.2.18. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



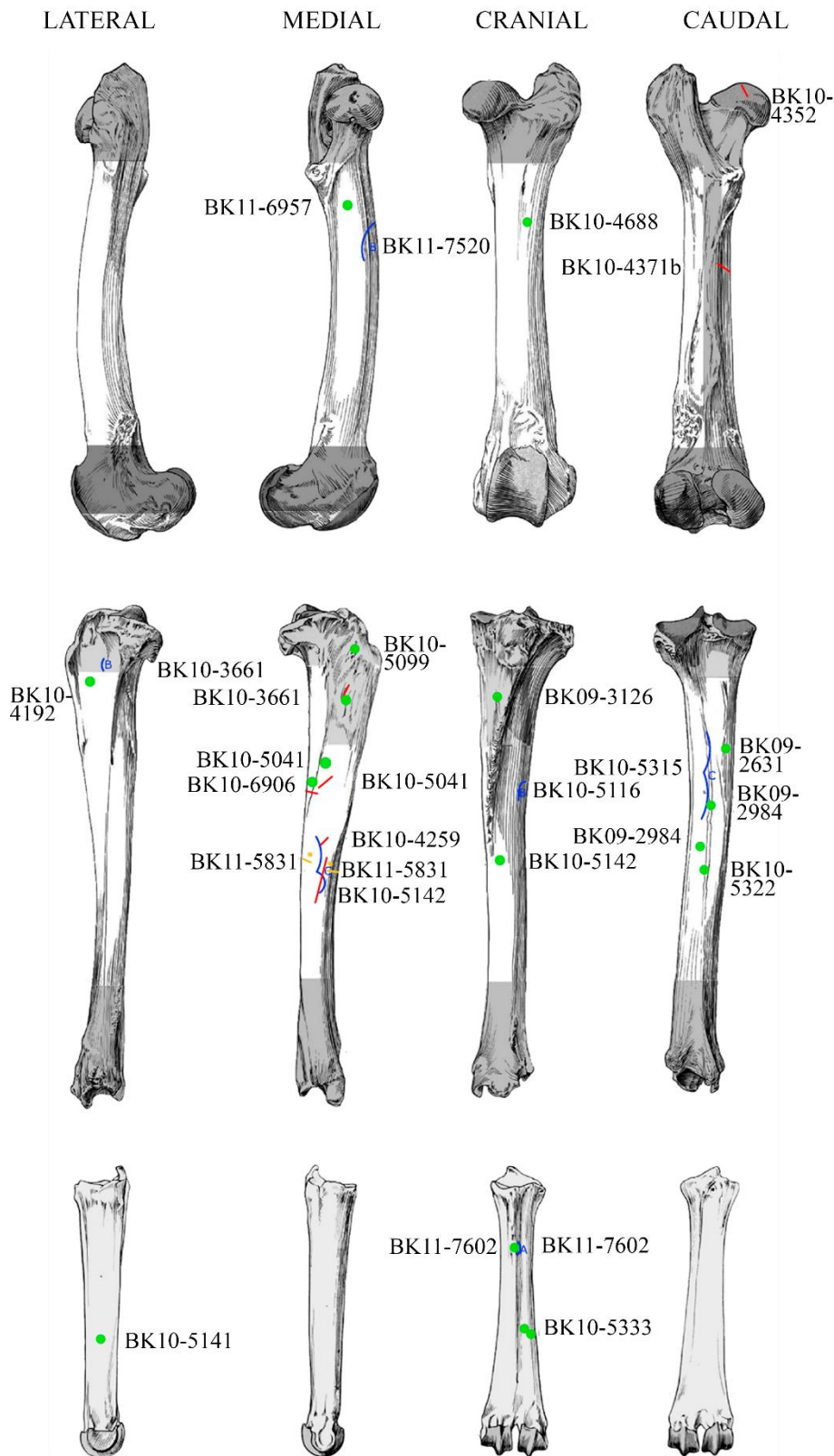


Figura 4.2.19. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcargas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

4.3 RESULTADOS EN BK4c

4.3.1 La integridad del conjunto

Durante la excavación de 2012, se abrieron tres trincheras en el área principal de BK. En ellas se descubrió gran cantidad de fósiles y útiles líticos asociados en el nivel BK4c (Fig. 4.3.1). En el extremo norte de la tercera trinchera se documentó una mayor densidad de material, por lo que se decidió identificar los especímenes como pertenecientes al “canal” (clúster 1).

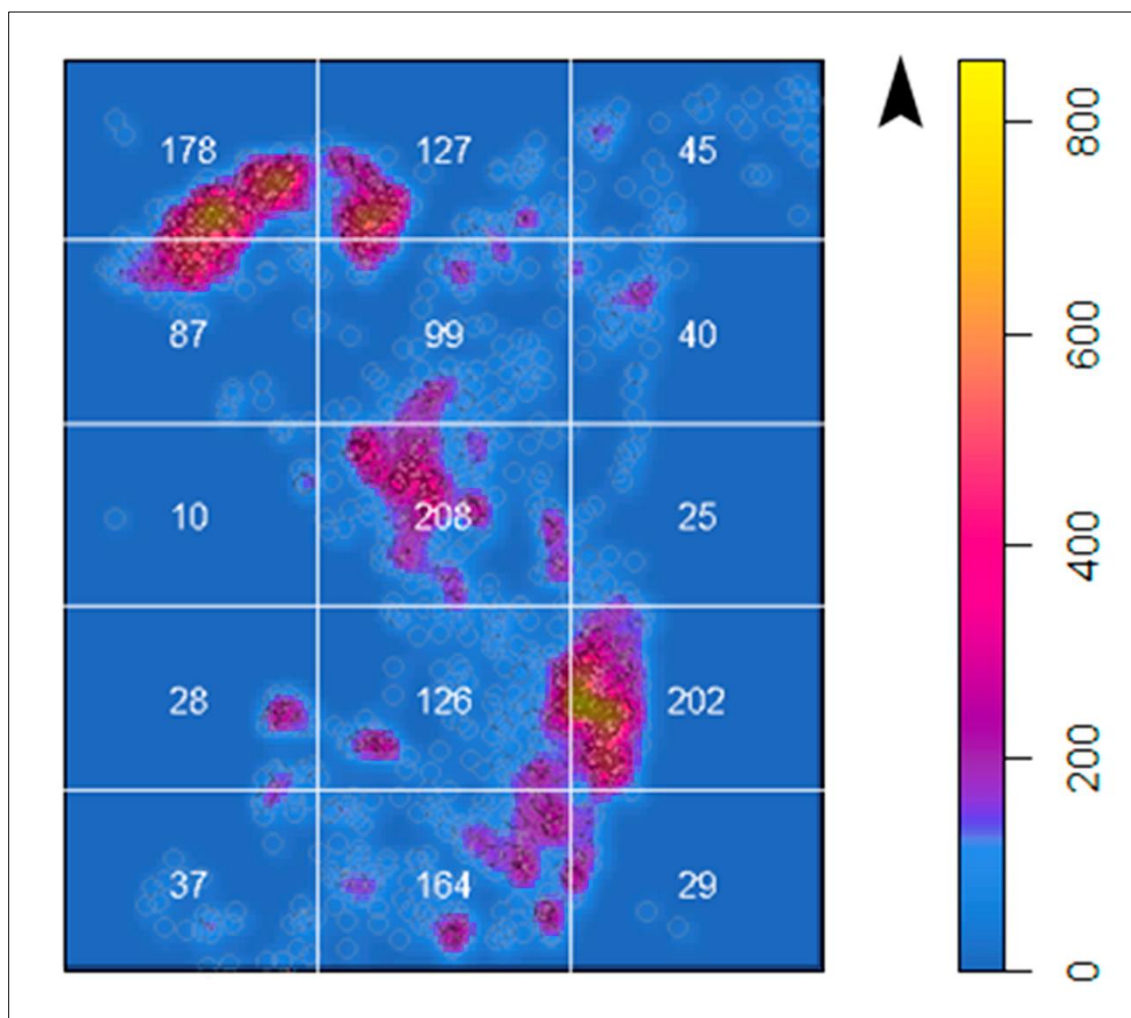


Figura 4.3.2. Patrón de puntos espacial en BK4c mostrando las variaciones en la intensidad de material. Estimación de densidad de Kernel donde 1 es el valor para la desviación estándar de Gaussian *smoothing* Kernel (1dm).

Posteriormente, se observaron otras zonas de mayor densidad dentro del conjunto. La Figura 4.3.2 muestra la superficie de BK4c con tres zonas de alta densidad de material. La aplicación de un Chi cuadrado sobre la muestra confirma que la distribución es inhomogénea con un valor de p inferior a 0,05 ($X^2 = 723,47$, $df = 14$; $p\text{-valor} = <0,05$). La aplicación de la función *allstats* que agrupa las funciones de

K, F, G, y J, indica un patrón aglomerativo en BK4c (Fig. 4.3.3) (Baddeley y Turner 2005). Por esta razón, y debido al ambiente de sedimentación fluvial de BK, se han realizado una serie de análisis encaminados a determinar el grado de alteración producido por los flujos hidráulicos en el conjunto.

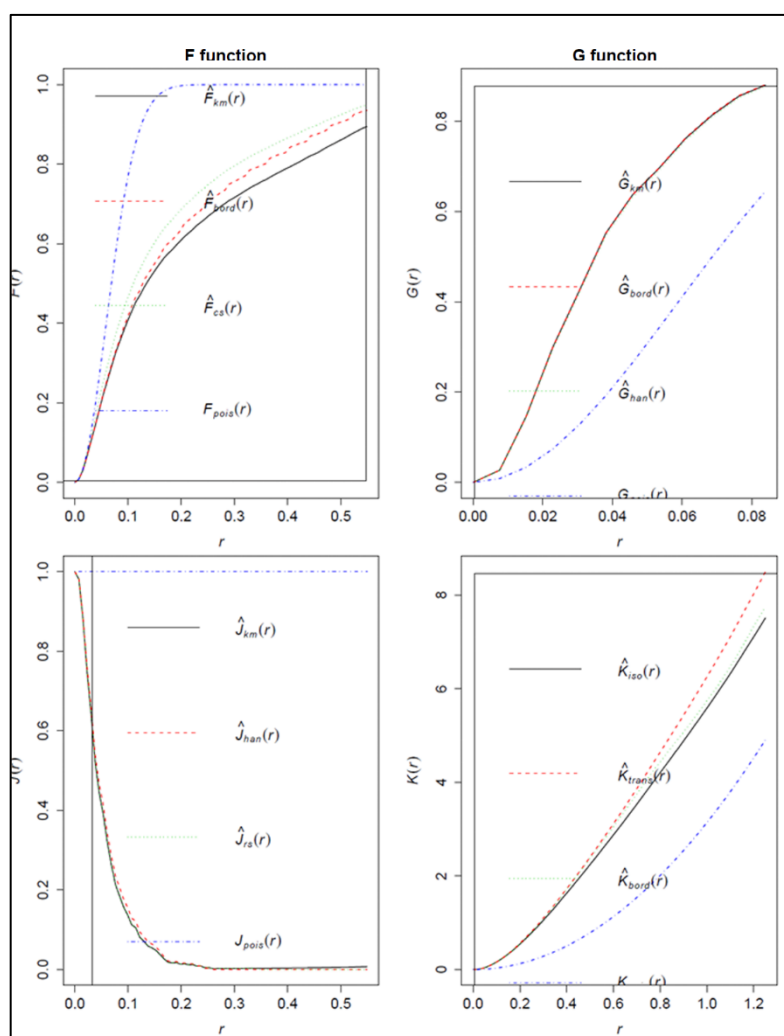


Figura 4.3.3. Representación de la función *allstats* mostrando los test K, F, G, y J. Todos ellos indican que hay un patrón aglomerativo en BK4c.

El área excavada de BK4c es de unos 22m² y tiene una profundidad media de 5 a 10 cm. Su base es irregular y en la parte central contiene una depresión alargada

que define un canal somero de 1 m de ancho por 20 cm de profundidad máxima. Atendiendo a su geometría y a su ubicación dentro del registro arqueológico de BK (Fig. 4.3.4), el nivel se encuentra en

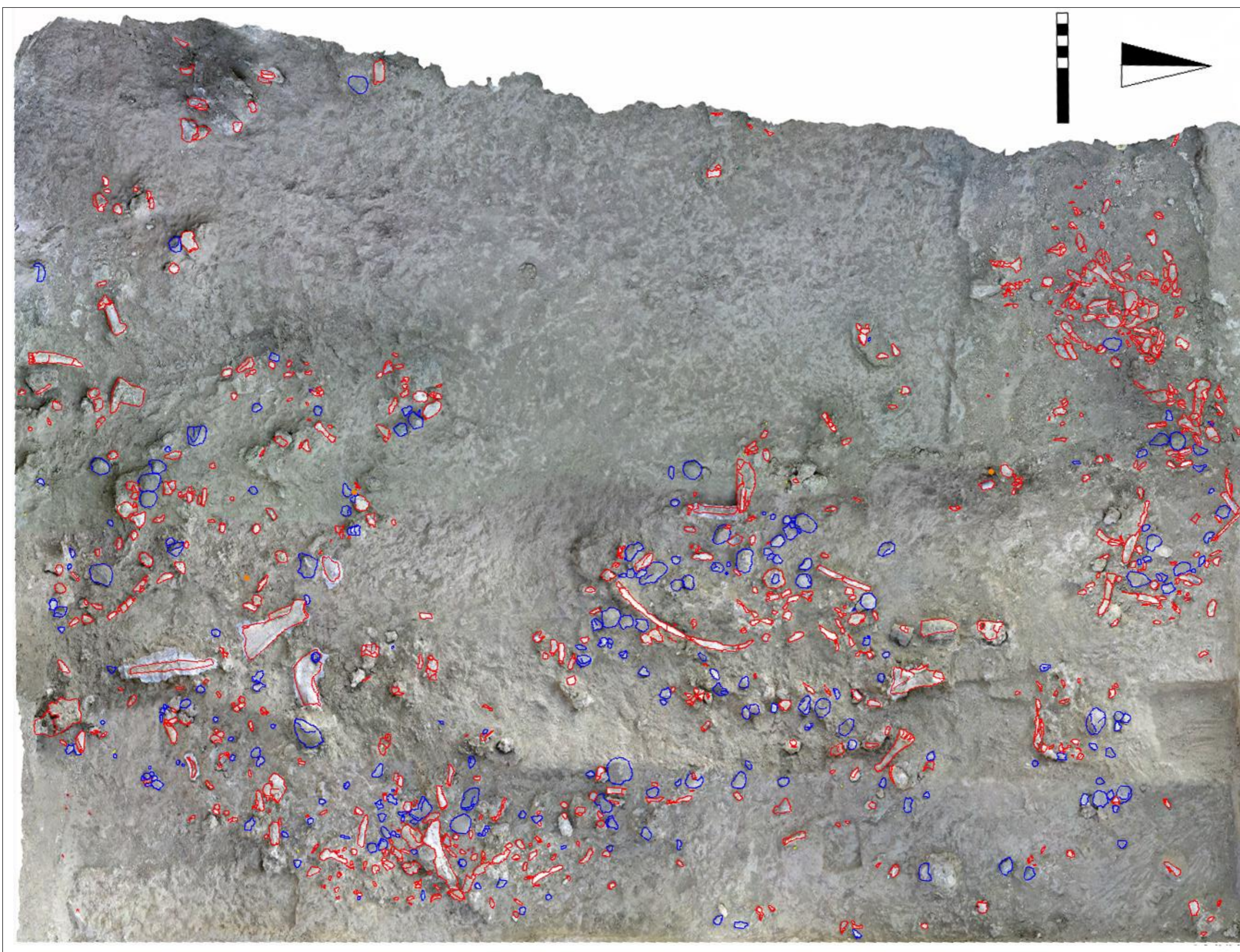


Figura 4.3.1. Ortofoto de la superficie de BK4c mostrando los fósiles (rojo) y las herramientas de piedra (azul). Escala = 1 m.



la parte superior del punto de barras, lejos del canal principal y del área de transporte de carga de fondo. Con frecuencia, los pequeños canales secundarios reelaboraron la superficie a lo largo del punto de barras (durante las etapas de crecida del cauce), creando depresiones alargadas, surcos y riachuelos que se colmataron posteriormente a los eventos de inundación. Los flujos secundarios acontecidos durante una etapa de alta a moderada energía agruparon en las depresiones los huesos y restos líticos que estaban dispersos sobre la superficie de la barra. Por lo tanto, es en estas depresiones donde se encuentran las mayores concentraciones de fauna y lítica.

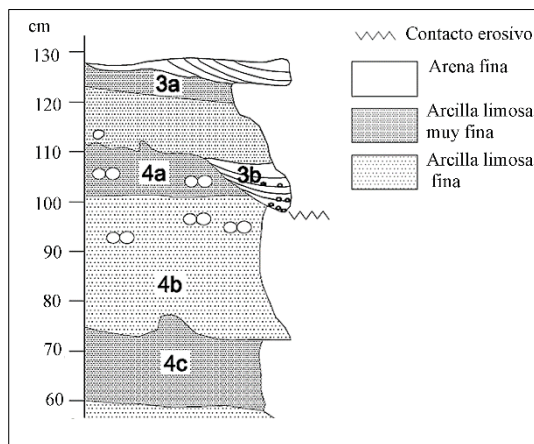


Figura 4.3.4. Sección estratigráfica detallada del nivel 4.

El ambiente de depósito de BK4c se compone de limos, arena fina y arena gruesa, y una pequeña proporción de áridos aluviales (bolitas de arcilla y *pelletoids* cementados con carbonato) y clastos de barro (10-20 mm) que configuran una carga de fondo de baja densidad. No se han documentado ni clastos imbricados ni estructuras de laminación. Principalmente,

las mayores concentraciones de restos de fauna están en las depresiones, formando un conglomerado con una matriz de limos y arenas. Los contextos de carga del lecho compuestos de limo y arena son indicativos de condiciones de sedimentación de baja y media energía.

La orientación de los elementos arqueológicos (huesos y lítica) muestran una ligera inclinación, pero la tendencia es hacia la horizontalidad (Fig. 4.3.5). La dirección media es de aproximadamente 63° Este- 249° Oeste, como se observa en el intervalo de confianza del 95% del estereograma. El diagrama de Rosas muestra a través del intervalo de confianza del acimut una orientación anisotrópica claramente identificable (Fig. 4.3.6). El diagrama de Woodcock revela una fábrica isotrópica en el conjunto, con una distribución K de Von Misses inferior a 0.2 (Fig. 4.4.7). Las pruebas estadísticas rechazan la hipótesis nula de una distribución uniforme. La prueba de Rayleigh de una alternativa general unimodal ($R=0,44$, $p<0,05$), la prueba de Kuiper de uniformidad ($V=9,028$, $p<0,05$), y la prueba de Watson de bondad de ajuste de uniformidad circular ($U_2=8,349$, $p<0,05$), sugieren que el conjunto tiene más de una orientación preferente. Cuando se aplican los mismos análisis al conjunto de huesos apendiculares los resultados varían (Fig. 4.3.6). Las pruebas estadísticas sugieren que los huesos largos tienen una distribución uniforme, con unos valores por encima del 0.05 (Rayleigh ($R=1,39$, $p=0,24$), Kuiper ($V=1,47$, $p>0,15$) y Watson ($U_2=0,09$, $p=0,5$).

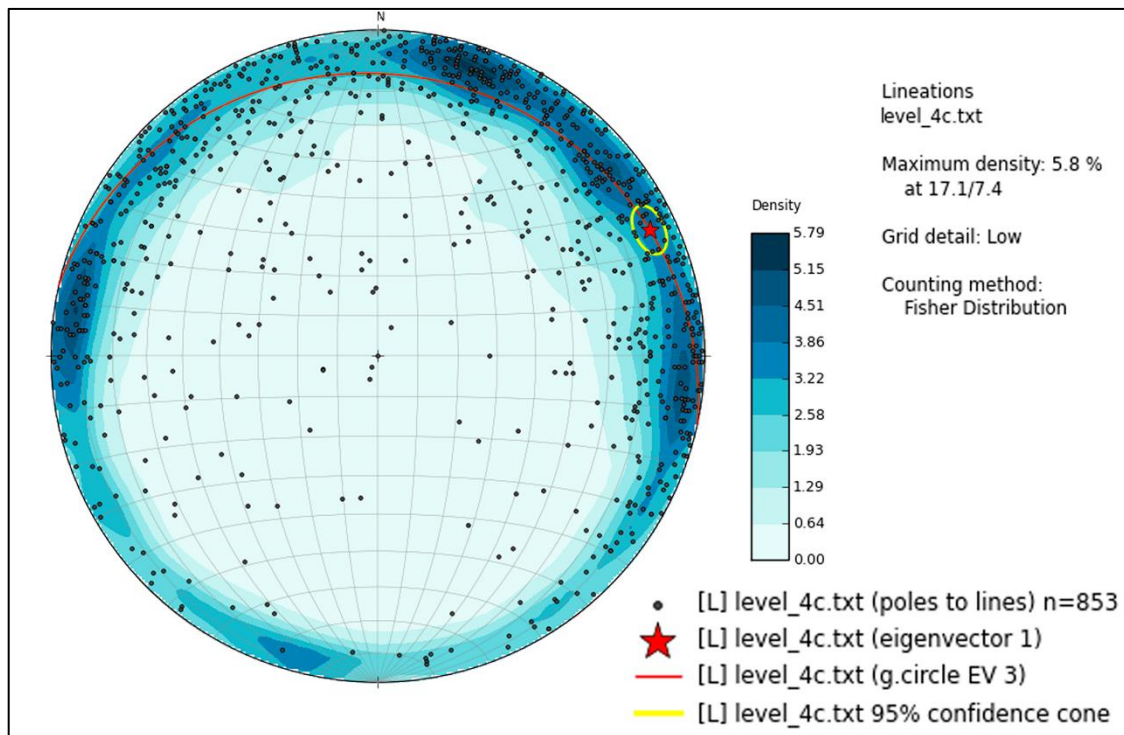


Figura 4.3.5 Estereograma que refleja la inclinación y orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK4c. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

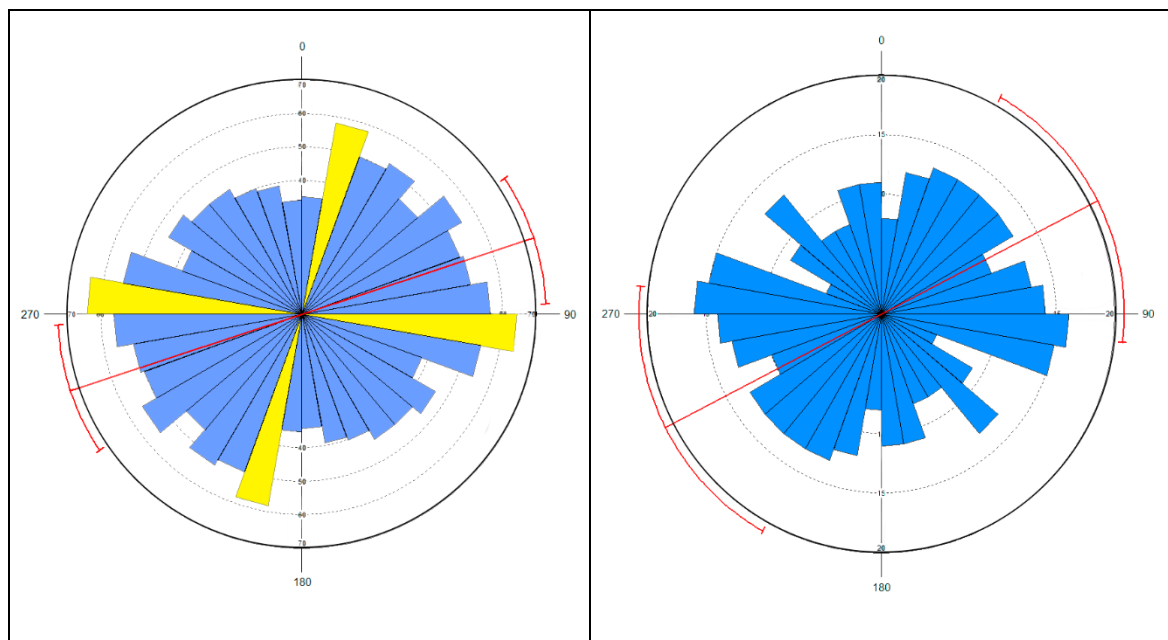


Figura 4.3.6. Diagrama de rosas indicando la orientación preferente de los datos y su tendencia. Derecha: análisis aplicado a la totalidad del conjunto. Izquierda: análisis aplicado sobre los huesos largos apendiculares.

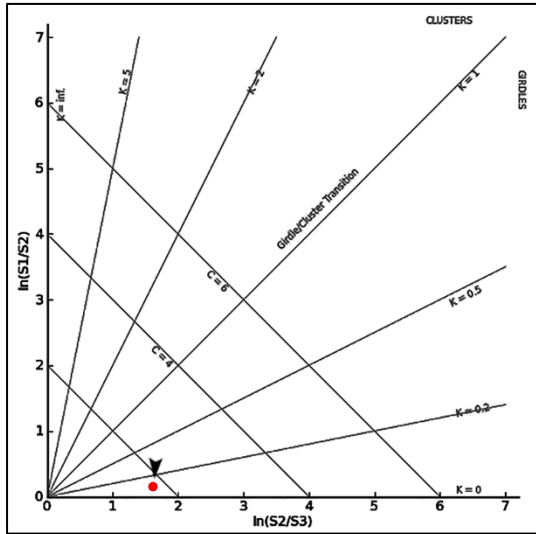


Figura 4.3.7. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior a 0.2.

Cuando consideramos la distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa, los fragmentos entre 31 y 60 mm, y >100 mm son los más frecuentes. Esto en parte es resultado de una alta fragmentación diagenética del conjunto, ya que la distribución de los especímenes con fractura en fresco es diferente a la del conjunto completo independientemente del tipo de rotura. La presencia de huesos correspondientes a animales de tamaño grande aumenta la frecuencia de los especímenes >40 mm. Los fragmentos entre 30 y 40 mm están representados en su mayoría por animales de tamaño medio.

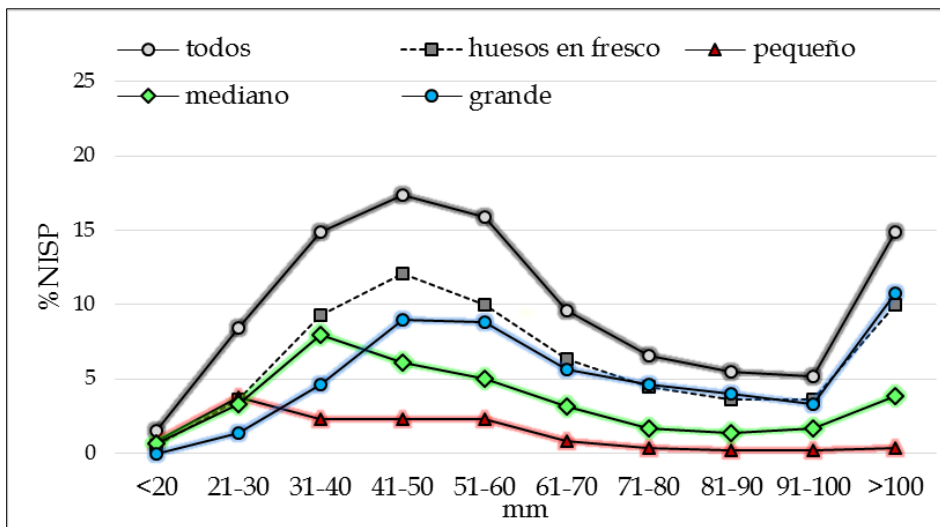


Figura 4.3.8. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

Las carcasas de tamaño pequeño están mejor representadas por fragmentos entre 21 y 30 mm. La mayor frecuencia de especímenes de pequeño tamaño en los tres tamaños de carcasa nos informa de la relativa integridad del nivel (Fig. 4.3.8). Si consideramos por separado los huesos de las extremidades observamos como los

huesos apendiculares fracturados en fresco muestran el mismo patrón de distribución que el conjunto de huesos apendiculares independientemente del tipo de fractura. Los especímenes mejor representados son aquellos que se encuentran entre 40-61 mm, así como los que superan los 100 mm (Fig. 4.3.9).

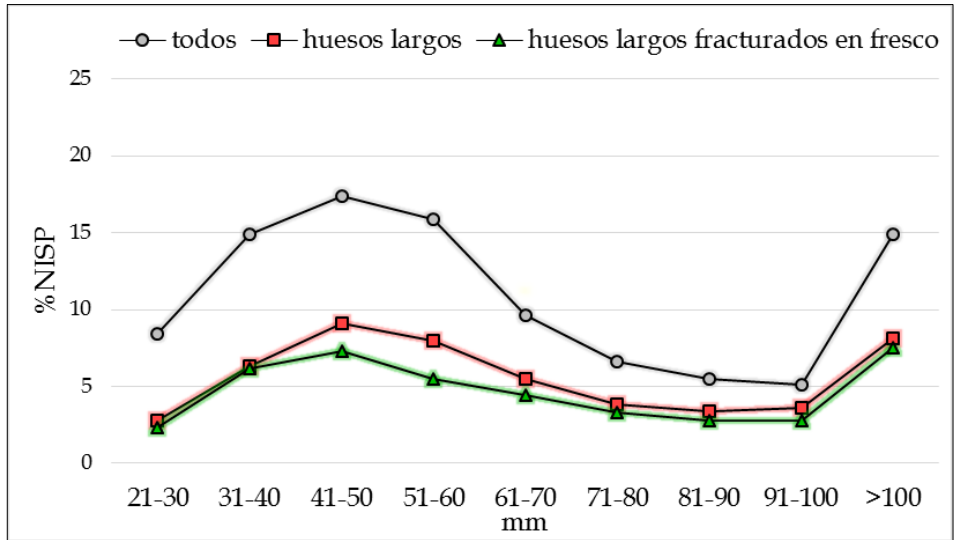


Figura 4.3.9. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y tipo de fractura.

Cuando realizamos una distribución de los especímenes diafisarios en función de su longitud, tamaño de carcasa, y si muestran pulido en su superficie o no, se observa que los fragmentos <30 mm, pertenecientes a carcasas medianas (3%) y grandes (0%) están infrarrepresentados. Las carcasas de tamaño pequeño están representadas por especímenes correspondientes a los tres rangos de tamaño, aunque son los especímenes entre 31-60 mm

los más abundantes (66%) (Fig. 4.3.10).

La presencia de especímenes diafisarios de todos los tamaños, con buena preservación e independientemente del tamaño del animal, sugiere que la perturbación por agua fue mínima en la configuración de la asociación faunística. Además, la alta frecuencia de especímenes pequeños apoya en gran medida la naturaleza autóctona del lugar

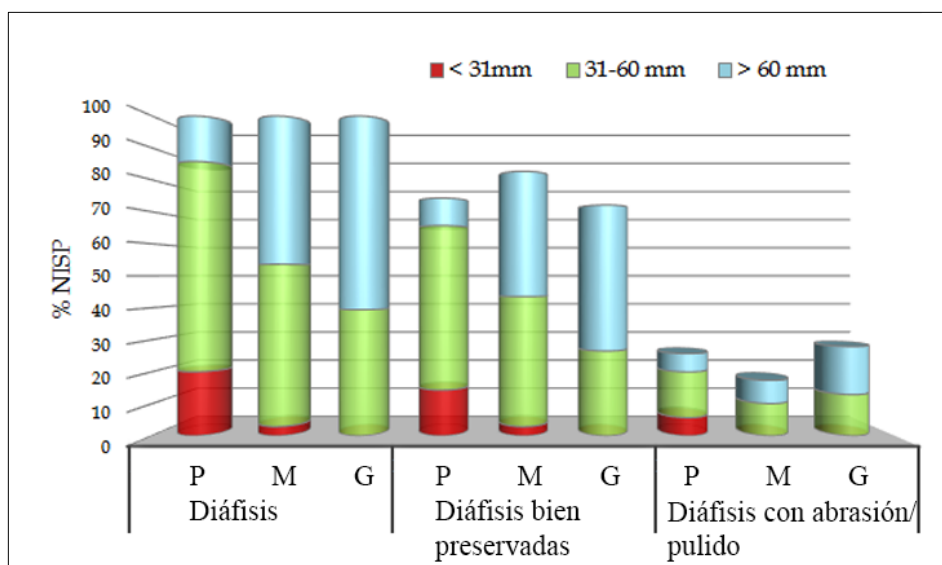


Figura 4.3.10. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa (P= pequeño; M= mediano; G= grande), preservación y presencia de pulido/abrasión.

En BK4c, encontramos 833 fragmentos óseos, de éstos sólo el 19.5% (n= 163) presentan una matriz de carbonato y el 39.6% (n= 330) muestra modificaciones causadas por el agua.

La mayoría del conjunto (72.6%, n= 605) muestra exfoliación, y alteraciones químicas, características de los huesos expuestos al agua o la humedad durante largos periodos de tiempo (Fig. 4.3.11). Sin embargo, sólo 200 (24%) especímenes muestran abrasión/pulido con independencia de su tamaño, mientras que el 76% de las muestras no reflejan alteración alguna (Fig. 4.3.11). Además, cuando se documenta el pulido normalmente solo afecta a una o dos de las superficies óseas, pero no a la muestra completa. Esto sugiere que, en lugar de ser transportados al yacimiento, los huesos pulidos probablemente son el resultado de la modificación física y química *in situ* debido a la lenta y constante circulación del agua dentro de la matriz sedimentaria (Thompson et al., 2011).

Los análisis estadísticos aplicados al nivel BK4c en función de las propiedades estructurales y morfológicas de los huesos,

en comparación con la muestra etnoarqueológica del Campamento Masai y los marcos referenciales para conjuntos transportados y no transportados, son muy informativos. El análisis de correspondencia “bootstrap” muestra una solución de dos dimensiones, que representa el 99.7% de la inercia. La dimensión 1 (inercia = 75.08%) muestra que la forma y la composición de los huesos discriminan de manera eficiente los tres conjuntos. Esto también se observa en la dimensión 2 (inercia = 24.63%) (Tabla 4.3.1; Fig. 4.3.12). Las elipses de confianza del 95% de los tres modelos no se superponen, lo que refuerza aún más la diferencia, que en el caso del grupo transportado es también el más prominente en la dimensión 1 (Tabla 4.3.2).

El conjunto transportado muestra más especímenes de tubo. El Campamento Masai muestra más especímenes cubo y trabeculares, mientras que el conjunto no transportado muestra una mayor presencia de huesos planos y densos. La ubicación espacial de BK4c cerca del conjunto del campamento Masai indica que no sufrió ningún transporte hidráulico significativo.

	Denso	Trabecular	Cubo	Plano	Tubo
BK 4c	39%	60%	30%	60%	10%
No transportado (lag)	92%	7%	0%	96%	3%
Campamento Masai	40%	59%	39%	54%	6%
Transportado	26%	73%	16%	40%	43%

Tabla 4.3.1 Porcentajes de cada muestra utilizada en función de las diferentes características.

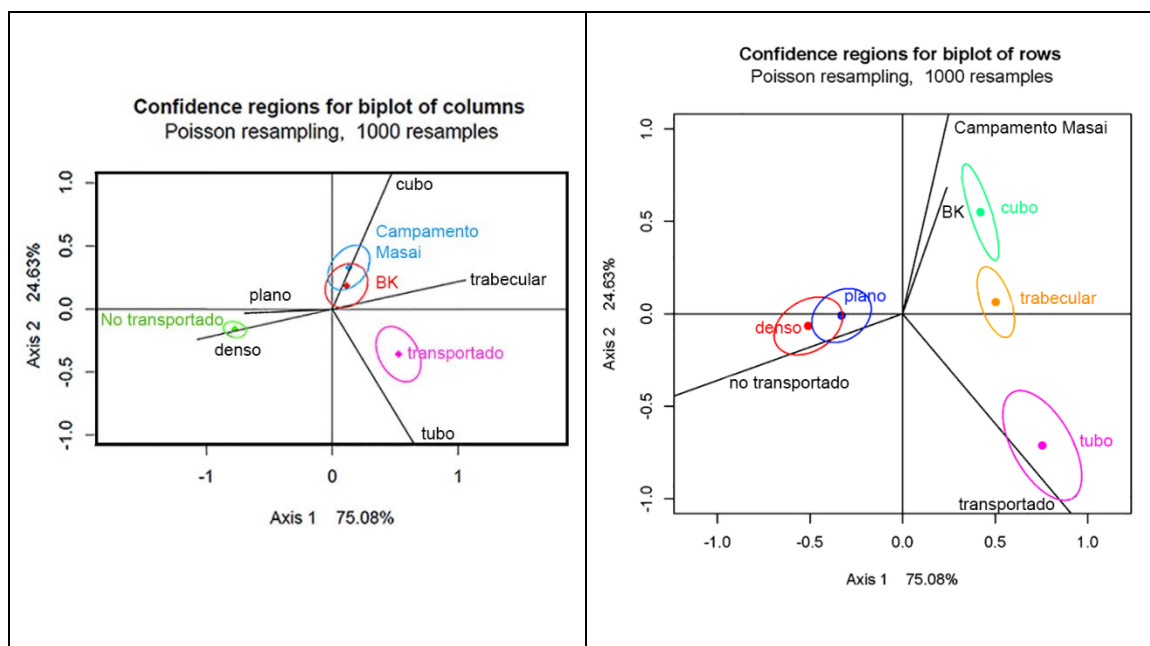


Figura 4.3.12. Diagrama de dispersión biespacial de las componentes *bootstrap* analizados en los huesos de BK4c mostrando la relación entre los marcos referenciales (Campamento Masai, conjunto no transportado y conjunto transportado) con respecto a la forma y composición de los huesos. Se muestran las elipses con el 95% del intervalo de confianza para los modelos referenciales (izquierda) y para la forma y composición de los huesos (derecha). La longitud de los ejes muestra la importancia de da la contribución de cada variable a la inercia. La información sobre las variables se muestra en la Tabla 4.3.2.

Filas	Axis 1	StDev	Rep	Ctr	Axis 2	StDev	Rep	Ctr	Quality
Denso	-0.544	0.082	989	271	0.057	0.068	11	16	1000
Trabecular	0.609	0.048	991	302	-0.059	0.098	9	16	1000
Cubo	0.572	0.053	515	88	-0.555	0.164	485	460	1000
Plano	-0.355	0.073	996	144	-0.024	0.065	4	4	1000
Tubo	0.774	0.077	684	196	0.526	0.121	316	504	1000
Columnas:	Axis 1	StDev	Rep	Ctr	Axis 2	StDev	Rep	Ctr	Quality
BK	0.177	0.070	244	36	-0.312	0.072	756	629	1000
No transportado (<i>lag</i>)	-0.729	0.035	984	613	0.091	0.027	16	54	1000
Campamento Masai	0.133	0.068	137	19	0.330	0.068	853	367	990
Transportado	0.551	0.068	860	350	0.222	0.089	140	317	1000

Princ coords, std devs; rep and ctr (per mil); 2-d rep (per mil)

Tabla 4.3.2 Valores (descomposición de la inercia) de las variables (forma y composición de los huesos y los marcos referenciales) analizadas sobre los huesos de BK 4c.

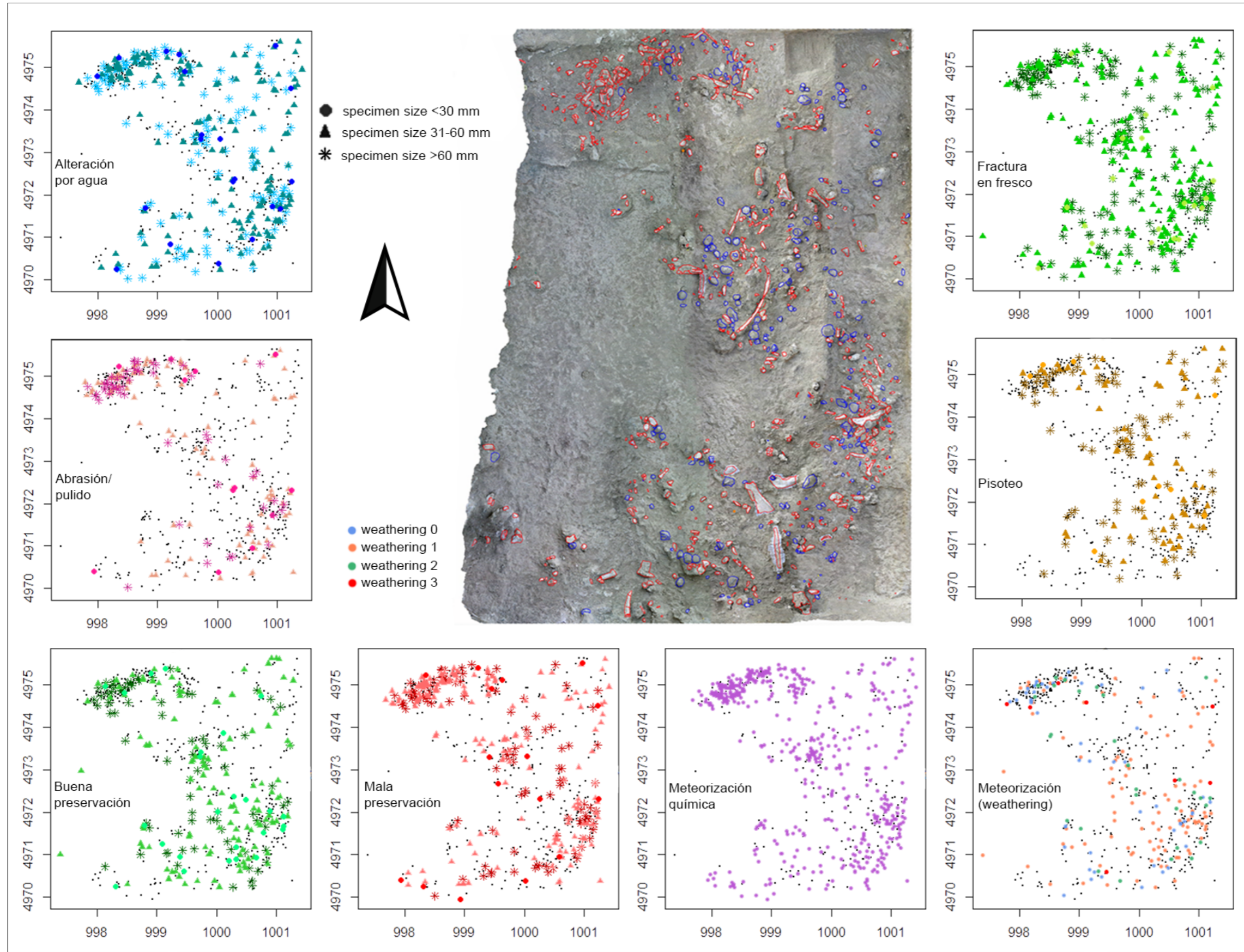


Figura 4.3.11. Distribución espacial de todos los materiales arqueológicos en BK4c (centro de la imagen). Los gráficos muestran la distribución de cada fragmento óseo de acuerdo con su longitud y la variable tafonomica seleccionada.

4.3.2 Análisis Faunístico

Perfiles esqueléticos

La figura 4.3.1 ilustra la estrecha asociación espacial de las herramientas de piedra y los fragmentos óseos. Un total de 833 fragmentos fueron recuperados, pero sólo 594 se han podido atribuir a tamaño de carcasa. Un total de 29 individuos fueron identificados (Tabla 4.3.3). Los animales pequeños están representados por 4 individuos, los animales de tamaño medio por 16 individuos y los animales de tamaño grande por 9 individuos (Fig. 4.3.13).

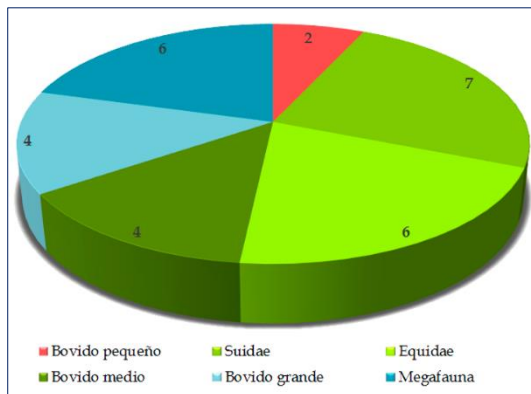


Figura 4.3.13. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verde: animales de tamaño medio. Azul: animales de tamaño grande.

Las Tablas 4.3.4-4.3.6 presentan los perfiles esqueléticos en función del tamaño de carcasa. Sí tenemos en cuenta la relación entre el NME y el NMI para cada tamaño de carcasa, los animales pequeños están mejor representados por mandíbulas y huesos largos apendiculares que por huesos axiales (ej. costillas y vértebras) que están infrarrepresentados.

El esqueleto apendicular conserva muchas epífisis (n= 13) aunque no tanto como diáfisis (n= 36). Ambas epífisis de húmero, y la epífisis proximal de metatarso son las

porciones de huesos largos más abundantes. Los huesos compactos también están infrarrepresentados (Tabla 4.3.4, Fig. 4.3.14).

	NMI	
	Juvenil	Adulto
Antilopini		
<i>Gazella</i> sp.		2
Tragelaphini		
Tragelaphini tamaño 3		1
<i>Taurotragus oryx</i>	1	
Alcelaphini		
<i>Parmularius</i> sp.		1
<i>Parmularius angusticornis</i>		1
Alcelaphini tamaño 3	1	
<i>Megalotragus</i> sp.		1
Bovini		
Bovini tamaño 4		1
<i>Pelorovis oldowayensis</i>		1
Suidae		
Suidae tamaño 3	2	
<i>Kolpochoerus olduvaiensis</i>		1
<i>Metridiochoerus compactus</i>	2	2
Equidae		
<i>Hipparion cornelianum</i>	1	1
<i>Equus oldowayensis</i>	2	2
Hippopotamidae		
<i>Hippopotamus</i> sp.	1	1
Rhinocerotidae		
<i>Ceratotherium</i> sp.		1
Elephantidae		
<i>Elephas</i> sp.		1
Giraffidae		
<i>Giraff</i> sp.		1
<i>Sivatherium</i> sp.		1
Total		29

Tabla 4.3.3. Número mínimo de individuos documentados en BK4c.

Los animales de tamaño mediano están representados principalmente por elementos densos como cuernos, mandíbulas y huesos largos. El esqueleto axial y los huesos compactos son escasos. Al igual que sucede en las carcasas de tamaño pequeño, algunos huesos apendiculares están mejor

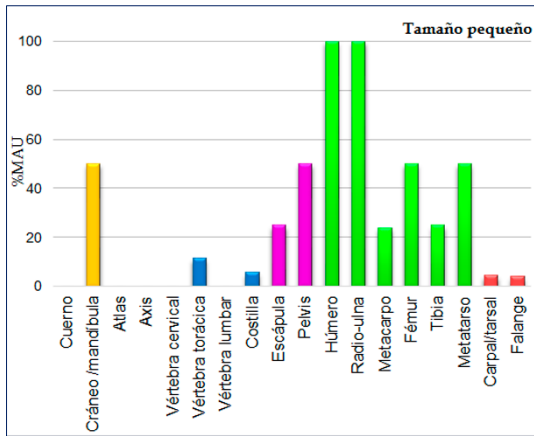


Figura 4.3.14. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

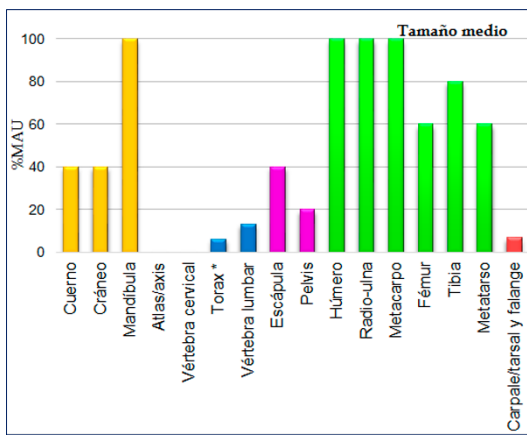


Figura 4.3.15. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

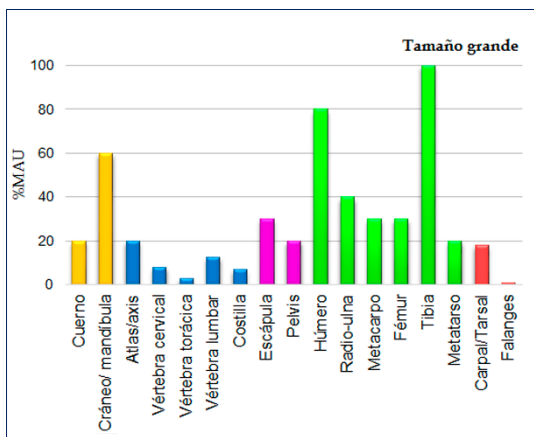


Figura 4.3.16. Porcentaje de unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande.

representados por la epífisis que las porciones diafisarias (ej. epífisis proximal del radio) (Tabla 4.3.5, Fig. 4.3.15).

Un patrón similar se ha documentado para las carcasas de tamaño grande, aunque el esqueleto axial está mejor representado. Los miembros apendiculares están representados principalmente por fragmentos diafisarios y por algunas de las epífisis más densas como la distal del húmero, el proximal de radio y el distal de metacarpo. Los huesos compactos como las falanges o rótulas están casi ausentes (Tabla 4.3.6, Fig. 4.3.16).

En general, los perfiles anatómicos muestran un predominio de elementos craneales y apendiculares, donde los elementos axiales y los huesos compactos son inusuales, y las escápulas y pelvis están variablemente representadas. Este patrón es similar al manifestado en conjuntos modernos donde los carnívoros actúan sobre las carcasas tras haber sido abandonadas por los homínidos (Capaldo 1998). Sin embargo, la alta frecuencia de fragmentos epifisarios sugiere un grado limitado de destrucción. En BK4c las epífisis de los huesos largos correspondientes a húmero, radio y metatarso están mejor representadas que los fragmentos diafisarios (Tablas 4.3.4-4.3.6).

Los índices de uniformidad para los animales pequeños (0.94, n= 16), animales de tamaño medio (0.96, n= 30) y los animales grandes (0.96, n= 29) indican que el conjunto de elementos de alta supervivencia está representado de manera uniforme en el conjunto (Tabla 4.3.7).

Tamaño Pequeño	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	0	0				
Cráneo	0	0				
Dientes	5	2				
Hemimandíbula	2	1				2
Vértebra cervical						
Vértebra torácica	4	4				3
Vértebra lumbar						
Vértebra indet.						
Costilla	9	8				3
Escápula	1	1				1
Coxal	1	1				1
Húmero						4
Epi. Proximal	2	1			1	
Diáfisis	2	0				
Epi. Distal	4	0				
Radio-Ulna						4
Epi. Proximal	2	3	1	1		
Diáfisis	3	1				
Epi. Distal						
Metacarpal						1
Epi. Proximal						
Diáfisis	1	0				
Epi. Distal						
Fémur	1	0				
Epi. Proximal						2
Diáfisis	1	0				
Epi. Distal	1	1				
Tibia						
Epi. Proximal						1
Diáfisis						
Epi. Distal	3	3		1		
Metatarsal						
Epi. Proximal						2
Diáfisis	2	0				
Epi. Distal	1	1				
ULB*						
ILB*	6	2			1	
LLB*	1	0				
Diáfisis indet.	5	0				
Rótula	14	6	1	1	1	
Cárpales/Társales						
Falanges	1	1				1
Indet. no diafisario	3	1				2
Total	75	37	2	3	3	27

Tabla 4.3.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño medio	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	3	2				2
Cráneo	1	1				1
Dientes	66	26				
Hemimandíbula	6	5				5
Vértebra cervical						
Vértebra torácica	1	1	1			1
Vértebra lumbar	2	1				2
Vértebra indet.	1	1				
Costilla	28	22			1	5
Escápula	2	1				2
Coxal	1	0				1
Húmero						5
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	11	3		1	1	
Epi. Distal						
Radio-Ulna						5
Epi. Proximal	3	3				
Diáfisis	5	3		2	2	
Epi. Distal	2	2				
Metacarpal						5
Completo	2	1			1	
Epi. Proximal						
Diáfisis	6	4				
Epi. Distal	2	0				
Fémur						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	4	2				
Epi. Distal	2	2				
Tibia						4
Epi. Proximal						
Diáfisis	8	4	1	2		
Epi. Distal	1	0				
Metatarsal						3
Epi. Proximal	2					
Diáfisis	3	1				
Epi. Distal						
ULB*	7	3				
ILB*	1					
LLB*	6	2		1		
Diáfisis indet.	18	6	2	3		
Rótula	1					1
Cárpales/Társales	2					2
Falanges	4	3			1	4
Indet. no diafisario	3	2			1	
Total	205	102	4	9	7	51

Tabla 4.3.5. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño medio.* ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño grande	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	5	0				2
Cráneo	7	0				3
Dientes	43	11				
Hemimandíbula	3	2	1	1		2
Vértebra cervical	5	2	1			3
Vértebra torácica	3	2	1	1		2
Vértebra lumbar	3	3				3
Vértebra indet.	5	2	1			
Costilla	36	9			1	9
Escápula	6	4	1		1	3
Coxal	4	2				2
Húmero						8
Epi. Proximal						
Diáfisis	16	3		1		
Epi. Distal	8	1				
Radio-Ulna						4
Epi. Proximal	6	4	1		3	
Diáfisis	5	4	1	2	1	
Epi. Distal						
Metacarpal						3
Completo						
Epi. Proximal						
Diáfisis						
Epi. Distal	3	1				
Fémur						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	5	4		3		
Epi. Distal	1	1				
Tibia						10
Epi. Proximal						
Diáfisis	25	11	1	3	1	
Epi. Distal	1	1				
Metatarsal						2
Epi. Proximal						
Diáfisis	3	1				
Epi. Distal						
ULB*	4	2				
ILB*	4	1				
LLB*	11	0				
Diáfisis indet.	73	13	2	1	1	
Rótula						
Cárpales/Társales	10	4				10
Falanges	1	0				1
Indet. no diafisario	17	3				
Total	313	91	10	12	8	70

Tabla 4.3.6. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Por lo tanto, los animales no fueron transportados selectivamente al yacimiento, sino que se obtuvieron las carcasas completas en el yacimiento o muy cerca de él. (Faith y Gordon, 2007). No obstante, los índices de uniformidad no son concluyentes puesto que el tamaño de las muestras es demasiado bajo como para ser determinante.

	Pequeño	Mediano	Grande
<i>n</i>	16	30	29
Índice de uniformidad	0.94	0.96	0.96

Tabla 4.3.7 Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcasa.

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	-0.104	-0.141	-0.079
<i>F</i>	0.337	0.009	0.485
<i>p</i>	0.58	0.92	0.51
Spearman			
<i>r_s</i>	0.527	0.079	0.626
<i>p</i>	0.17	0.83	0.09

Tabla 4.3.8. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	-0.041	0.526	-0.158
<i>F</i>	0.719	9.9	0.044
<i>p</i>	0.42	0.01	0.84
Spearman			
<i>r_s</i>	0.049	0.670	0
<i>p</i>	0.90	0.04	1

Tabla 4.3.9. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

La regresión lineal y el orden de clasificación de Spearman muestran una relación

no significativa entre el número mínimo de unidades animales (%MAU) y la utilidad de la carne (%MGUI o FUI), para todos los tamaños de carcasa (Tabla 4.3.8). Los elementos de mayor densidad se correlacionan positivamente con la representación esquelética de las carcasas de tamaño medio (Tabla 4.3.9).

Modificaciones de la superficie ósea

Las superficies óseas en BK4c están muy mal preservadas, independientemente de su localización dentro del área de excavación (Fig. 4.3.11). Se han documentado 271 (32.5%) especímenes con buena preservación en el total de la muestra. El pisoteo está presente en 176 especímenes (21% de la muestra completa; 69% de la muestra bien preservada) y 124 fragmentos (14.8% de la muestra completa; 48.8% de la muestra bien preservada) muestran microabrasión. El sedimento parece haber jugado un importante papel en la modificación de las superficies óseas. Las marcas bioquímicas se documentaron en 121 especímenes (14.5% de la muestra completa; 48% de la muestra bien preservada). La colección ósea de BK4c incluye 315 fragmentos diafisarios, de los cuales solo 99 (31.4%) muestran una buena preservación cortical. La exposición subaérea se ha podido documentar sobre 87 especímenes diafisarios que muestran un estadio 0 en un 47% (n= 41); estadio 1 en un 31% (n= 27); estadio 2 en un 18% (n= 16) y estadio 3 en un 3.4% (n= 3). Estos tres especímenes con un estadio 3 de alteración se localizan dentro del *Clúster 1* (Fig. 4.3.11). La mayoría de los huesos largos en BK4c (n= 228) muestran exfoliación y meteorización química, típica de huesos expuestos

al agua o la humedad durante largos periodos de tiempo (Fig. 4.3.11)

Se han documentado un total de 18 especímenes con marcas de corte, tres de ellos corresponden a escápula, costilla y una primera falange (Fig. 4.3.17) Las carcasas de tamaño pequeño solo contienen tres especímenes con marcas de corte (Tabla 4.3.4, Fig. 4.3.18), los tres pertenecen al esqueleto apendicular. Los animales de tamaño medio contienen siete especímenes con marcas de corte, la mayoría correspondientes al esqueleto apendicular (Tabla 4.3.5, Fig. 4.3.19). Por último, encontramos ocho especímenes con marcas de corte pertenecientes a carcasas de tamaño grande (Tabla 4.3.6, Fig. 4.3.20). El porcentaje de marcas de corte sobre especímenes diafisarios con buena cortical y aplicada la corrección por fractura diagenética es del 18% para carcasas de tamaño pequeño; 14% para carcasas de tamaño medio y el 8% para carcasas de tamaño grande (Tabla 4.3.10).

Cuando comparamos la distribución de las marcas en cada miembro apendicular con el modelo experimental de Gidna et al., (2014) podemos ver como los porcentajes correspondientes a carcasas de tamaño grande caen dentro del rango de un acceso primario (Tabla 4.3.10). Las carcasas de tamaño pequeño y medio muestran unos porcentajes inferiores a los documentados por Domínguez-Rodrigo (1997a, b) para un acceso primario. No obstante, el 14% de las marcas de corte están presentes en las secciones diafisarias cayendo dentro del rango de acceso primario, y superando los valores que replican un acceso secundario a las carcasas consumidas por leones (Gidna et al., 2014) (Tabla 4.3.11).

La frecuencia de marcas de corte documentadas en BK4c es similar a la existente en varios yacimientos donde el acceso primario no es discutido (Domínguez-Rodrigo e Yravedra, 2009).

	Pequeño	Mediano	Grande
ULB	2/4 50%	1/11 9%	0/11 0
ILB	0/7 0	2/12 17%	5/21 24%
LLB	0/1 0	1/8 12%	0/2 0
Diáfisis*	2/14 14%	4/29 14%	3/39 8%
Epífisis	1/4 25%	0/8 0	3/8 37%
Total	3/18 16%	4/37 11%	6/47 13%

Tabla 4.3.11. Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcasa. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. *Los fragmentos diafisarios incluyen 25 especímenes indeterminados pertenecientes a carcasas de tamaño pequeño (n= 6), medio (n= 6) y grande (n= 13).

La presencia de marcas de corte sobre una costilla, radio y ulna pertenecientes a un *Sivatherium* y sobre una diáfisis perteneciente a un elefante sugiere una actividad de descarnado de megafauna por parte de los homínidos. Por otro lado, la presencia de varias marcas de corte en la superficie medial y lateral de una primera falange correspondiente a un bóvido de tamaño 3a nos sugiere que los homínidos estaban despellejando animales.

Se han documentado 24 especímenes con marcas de percusión (Tabla 4.3.4-4.3.6),

	Carcasas de tamaño Pequeño		Carcasas de tamaño Mediano		Carcasas de tamaño Grande					
	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión	
<i>Número total de especímenes con marcas</i>										
BK4c	2/76	3% 3/76	4% 3/76	4/205	2% 7/205	3% 9/205	4% 10/313	3% 8/313	3% 12/313	4% 4%
<i>Número total de especímenes bien preservados con marcas</i>										
BK4c	2/37	5% 3/37	8% 3/37	4/102	4% 7/102	7% 9/102	9% 10/91	11% 8/91	9% 12/91	13% 13%
<i>Número total de especímenes con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>										
BK4c	2/27	7% 3/27	11% 3/27	4/91	4% 7/91	8% 9/91	10% 10/84	12% 8/84	10% 12/84	14% 14%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas</i>										
BK4c	2/49	4% 3/49	6% 3/49	3/84	4% 4/84	5% 9/84	11% 9/84	3% 6/165	4% 10/165	6% 6%
<i>Número total de especímenes apendiculares bien preservados con marcas</i>										
BK4c	2/18	11% 3/18	17% 3/18	3/37	8% 4/37	11% 9/37	24% 9/37	11% 6/47	13% 10/47	21% 21%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>										
BK4c	2/13	15% 3/13	23% 3/13	3/35	9% 4/35	11% 9/35	26% 9/35	12% 6/43	14% 10/43	23% 23%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas</i>										
BK4c	1/36	3% 2/36	6% 2/36	3/71	4% 4/71	6% 9/71	13% 9/71	3% 3/146	2% 10/146	7% 7%
<i>Número total de especímenes diafisarios bien preservados con marcas</i>										
BK4c	1/14	7% 2/14	14% 2/14	3/29	10% 4/29	14% 9/29	31% 9/29	10% 3/39	8% 10/39	26% 26%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas bien preservados y con fractura en seco</i>										
BK4c	1/11	9% 2/11	18% 2/11	3/28	11% 4/28	14% 9/28	32% 9/28	11% 3/36	8% 10/36	18% 18%

Tabla 4.3.10. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK4c según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

solo tres de ellas están presentes en mandíbula, vértebra torácica y espécimen indeterminado el resto se encuentra sobre fragmentos diafisarios (Fig. 4.3.18-4.3.20). El porcentaje de marcas de percusión para carcacas de tamaño pequeño es de un 8% (dos fragmentos diafisarios de una muestra de 11 especímenes bien preservados y con corrección por fractura en seco) (Tabla 4.3.10).

Las carcacas de tamaño medio muestran un 32% de los especímenes diafisarios con marcas de percusión, 9 de una muestra de 28 (Tabla 4.3.10) y las carcacas de tamaño grande muestran un 18% de sus fragmentos diafisarios con marcas de percusión (10 fragmentos de una muestra de 36) (Tabla 4.3.10). Las marcas de percusión están presentes en los huesos apendiculares de los tres tamaños de carcacas con una frecuencia similar a la documentada en los modelos experimentales donde los homínidos fracturan los huesos antes de que los carnívoros intervengan (Blumenschine, 1988, 1995; Capaldo, 1997).

Las marcas de dientes en BK4c están presentes en muy baja frecuencia. Solo se ha documentado un espécimen diafisario correspondiente a un animal de tamaño pequeño (Tabla 4.3.4, Fig. 4.3.18). Teniendo en cuenta solo los huesos diafisarios con buena preservación (n=14) y corregida la fracturación diagenética (n= 6) (Pickering et al., 2008) el porcentaje de especímenes con marcas de dientes es de un 9% (Tabla 4.3.10). Las carcacas de tamaño medio muestran tres fragmentos diafisarios con marcas de dientes (Tabla 4.3.4, Fig. 4.3.19) de un total de 29 especímenes con buena cortical, aplicando la corrección por fractura diagenética (n= 2) el porcentaje es de un 11% (Tabla 4.3.10).

Finalmente, las carcacas de tamaño grande muestran 4 especímenes diafisarios con marcas de dientes (Tabla 4.3.6, Fig. 4.3.20) de un total de 39 fragmentos con buena preservación, tras la corrección por fracturación en seco (n= 6) el porcentaje es del 11% (Tabla 4.3.10). Solo se han documentado seis especímenes con marcas de dientes correspondientes a mandíbula, vértebra y escápula de animales de tamaño medio y grande. Únicamente tres epífisis pertenecientes a radio y ulna muestran marcas de dientes en carcacas de tamaño pequeño y grande (Tabla 4.3.4 y 4.3.6, Fig. 4.3.10 y 4.3.20).

Estos resultados sugieren una baja actividad de carnívoros en el conjunto. Además, las frecuencias de especímenes diafisarios con marcas de dientes caen dentro del rango o exceden los valores del modelo Percusión-Carnívoro (Blumenschine, 1988, 1995; Capaldo, 1997) y Félido-Percusión (Domínguez-Rodrigo et al., 2007b; Organista, et al., 2016)

Fracturación ósea

En un total de 483 muestras óseas se ha podido determinar el tipo de fractura: fresco o diagenética. El resto, 341 especímenes son dientes aislados y fragmentos indeterminados. Se han documentado 272 especímenes con fractura en fresco, 101 con fractura en seco y 110 con ambos tipos de fractura. La mayor parte de las fracturas en fresco se producen sobre los huesos largos apendiculares (n= 165), el resto se ha documentado en fragmentos craneales (n= 33), axiales (n= 31), huesos compactos (n= 4), e indeterminados (n= 22). Las fracturas diagenéticas se han documentado principalmente entre los huesos axiales (n= 33), los huesos largos (n= 26), y

más marginalmente en restos craneales (n= 19) y huesos compactos (n= 3).

Cuando analizamos los huesos largos apendiculares de forma aislada, se documentan 315 fragmentos diafisarios, de ellos 165 (52%) presentan fractura en fresco, 26 (8%) fractura diagenética, 66 (21%) ambos tipos de fractura y 68 (19%) muestran planos de fractura ambiguos. Las muestras con fractura en fresco representan el 73% de los planos de rotura identificados, cuando se considera la muestra completa, o el 89.7% si se descartan las muestras ambiguas.

Los tipos de circunferencia diafisaria muestran que el Tipo 1 es predominante con un 94,5% (n= 156), Tipo 2 y Tipo 3 muestran una frecuencia más baja con un 3.6% (n= 6) y 2% (n= 3), respectivamente.

Se han podido documentar doce ejemplares con muescas; siete muescas individuales, tres muescas incompletas y dos muescas dobles opuestas. El tamaño de la muestra y el hecho de que la mayoría aparezcan sobre huesos pertenecientes a carcasas de tamaño grande (n= 10) imposibilita realizar una atribución segura del agente qué fracturo los huesos (De Juana y Domínguez-Rodrigo, 2011)

LATERAL

MEDIAL

CRANIAL

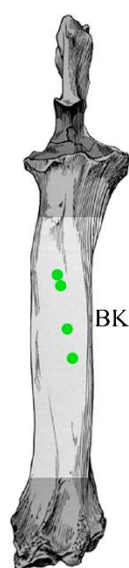
CAUDAL



BK12-1219



BK12-1182

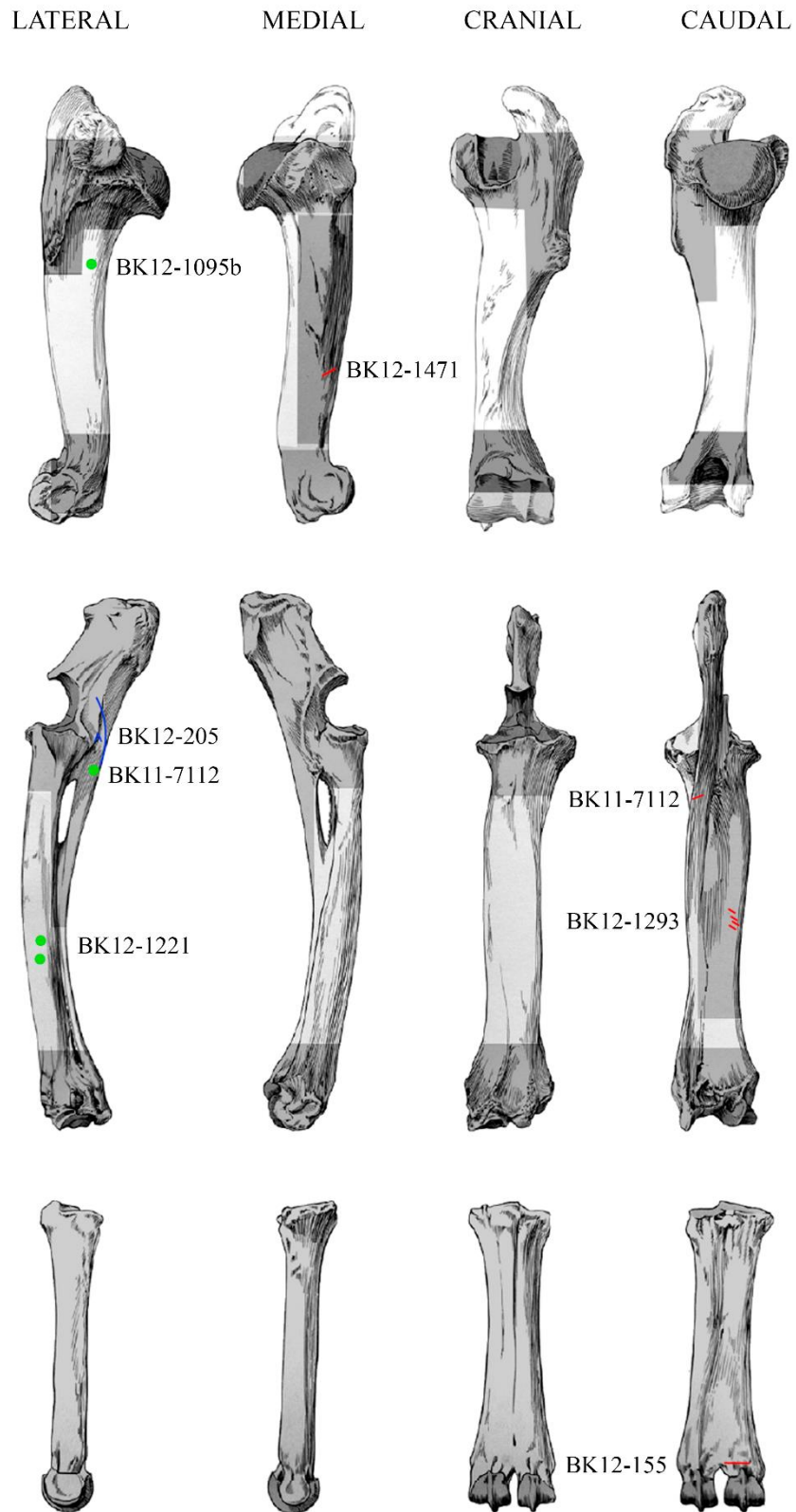


BK12-1181





Figura 4.3.17. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



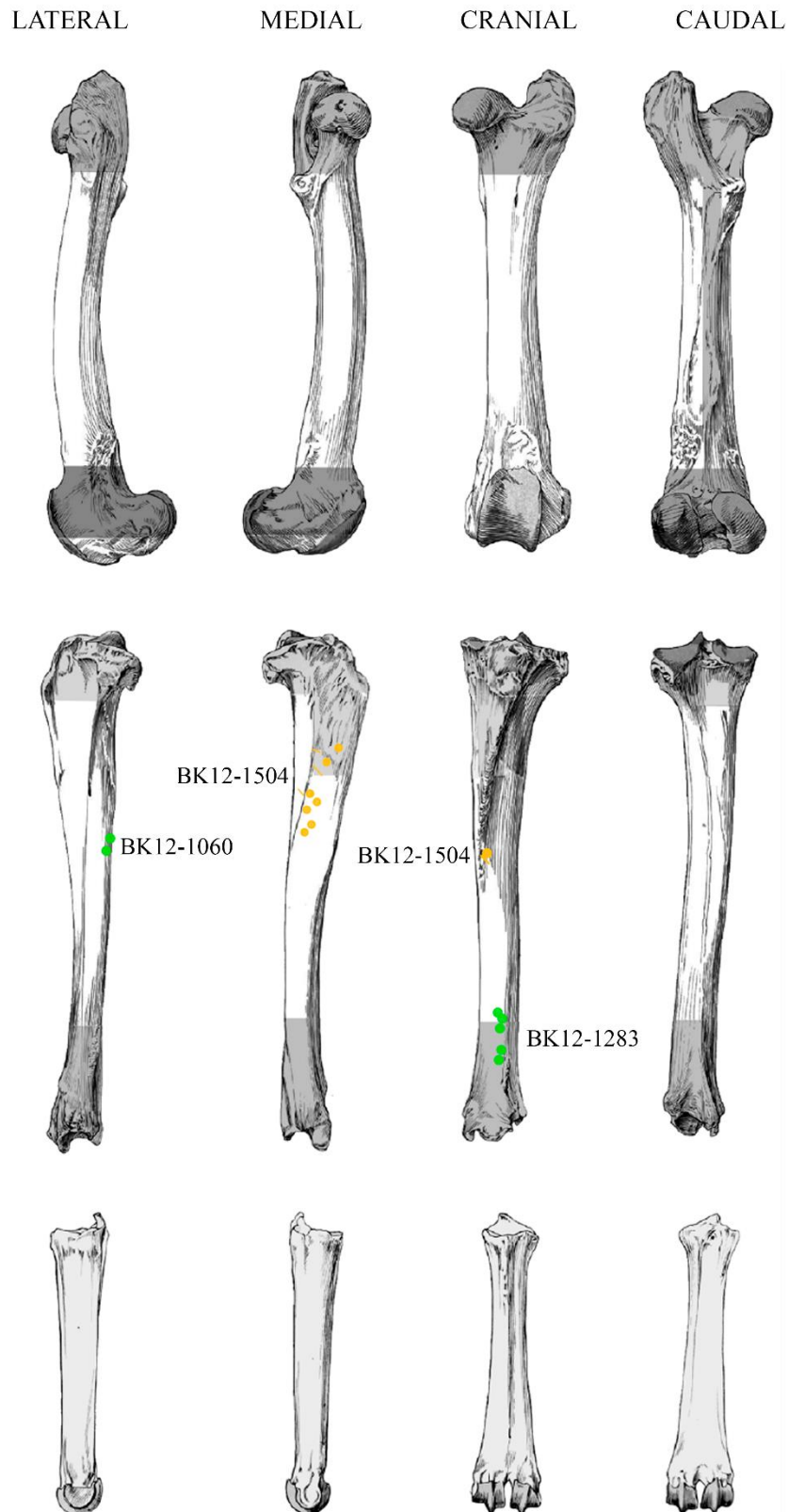


Figura 4.3.18. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

LATERAL

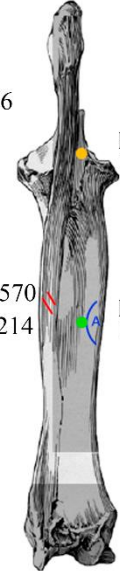
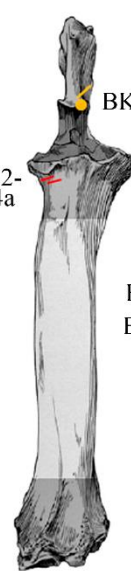
MEDIAL

CRANIAL

CAUDAL



BK12-1120



BK12-1236

BK12-1214

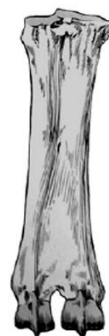
BK12-1236

BK12-1334a

BK12-1236

BK12-1570
BK12-1214

BK12-1214



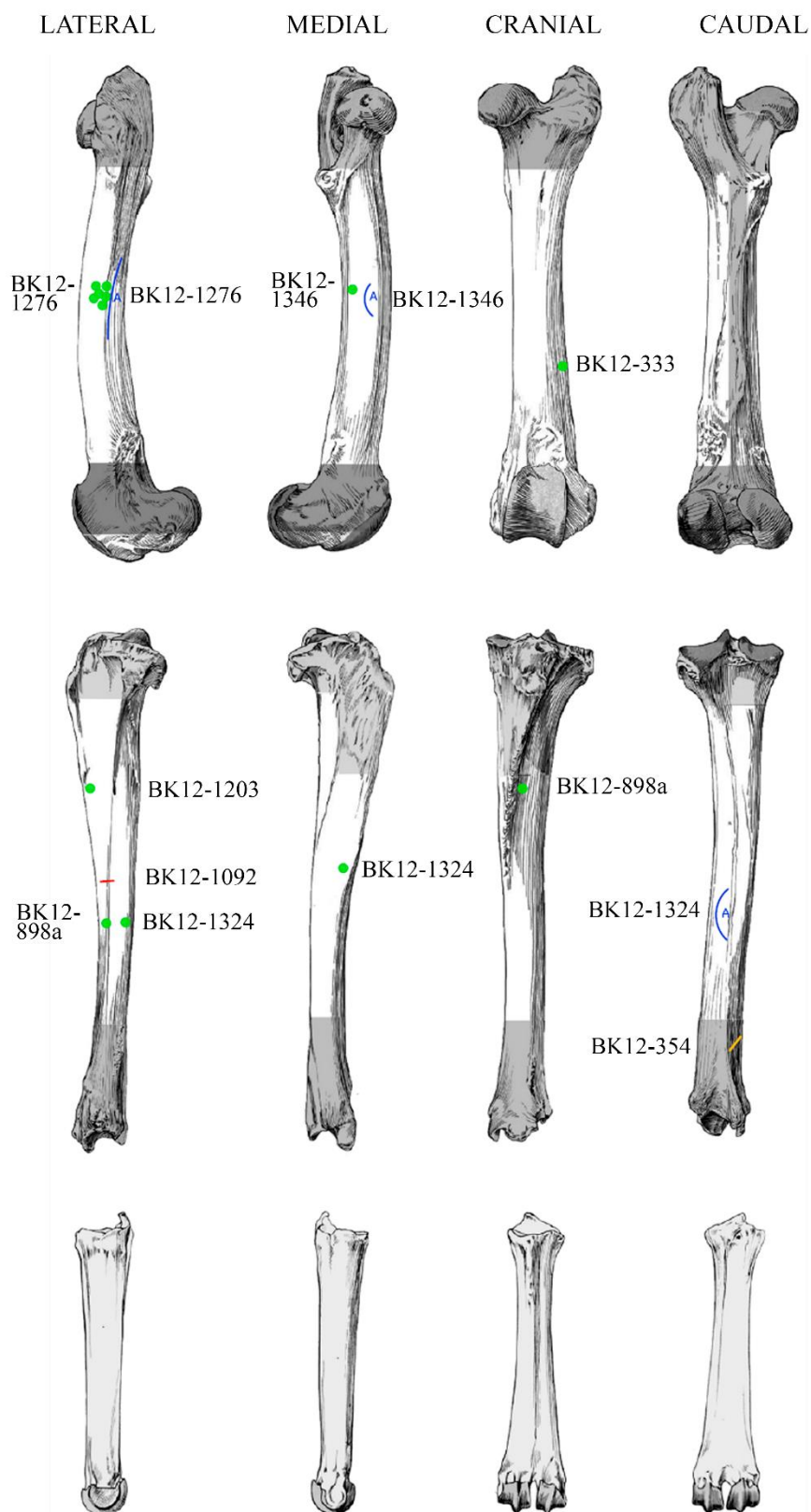


Figura 4.3.19. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

4.4 RESULTADOS EN BK5

En este apartado se incluye el análisis tafonómico realizado sobre los restos óseos de *Pelorovis*, recuperados por Louis Leakey en la década de los 50, y el material recuperado por TOPPP.

Hasta la fecha, el nivel BK5, solo se ha identificado en el área oeste del yacimiento (Fig. 4.4.1), donde Louis Leakey recuperó dos docenas de *Pelorovis* entre otros taxones de megafauna (Leakey,

1958; Leakey, 1971). Los restos aparecieron en el relleno de arcilla de un canal que parecía representar una zona pantanosa junto a un río principal (Leakey, 1971). El conjunto fue interpretado de dos formas distintas, como el resultado de una catástrofe natural producto de un ahogamiento en masa o como un campamento de homínidos donde se daba caza a estos grandes búfalos tras conducirlos a la zona pantanosa (Leakey, 1954; Cole, 1963; Leakey 1971).

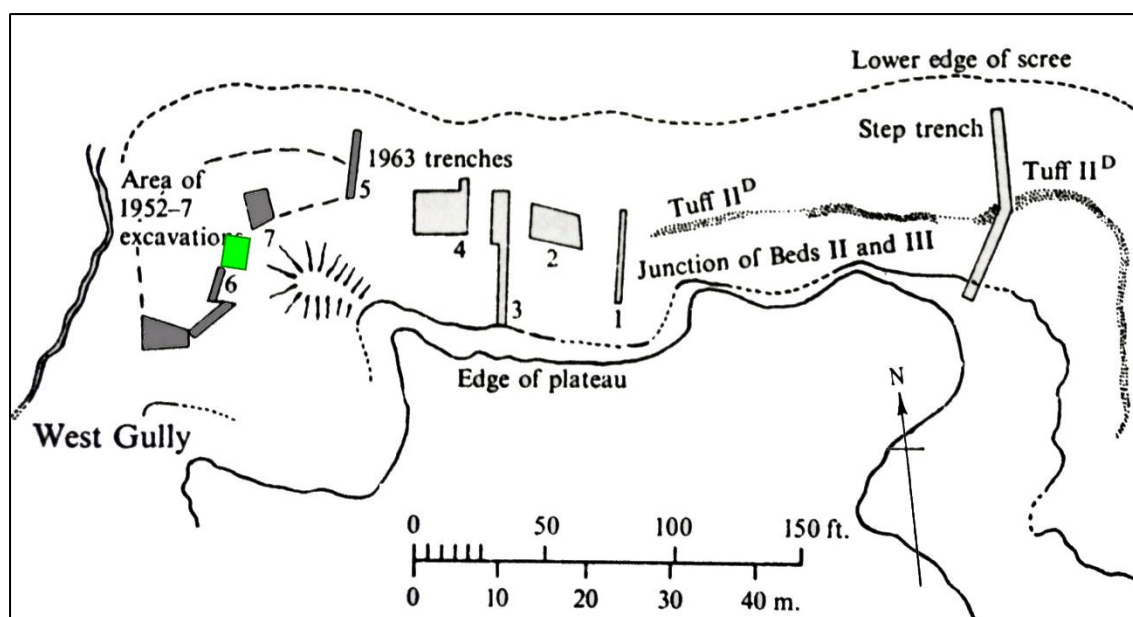


Figura 4.4.1. Boceto del yacimiento de BK (Leakey, 1971) con la localización de la trinchera (nº 14) excavada por TOPPP (rojo).

4.4.1 La integridad del conjunto.

BK5, se localiza junto a las trincheras 5, 6 y 7 excavadas por L. Leakey (Fig. 4.4.1 y 4.4.2). La trinchera excavada por TOPPP (trinchera 14) tiene un área de

9m² y en ella se puede apreciar la estrecha relación entre los restos fósiles y los artefactos líticos (Fig. 4.4.3 y 4.4.4).

BK5 se encuentra en la parte superior de una secuencia de grano decreciente (60

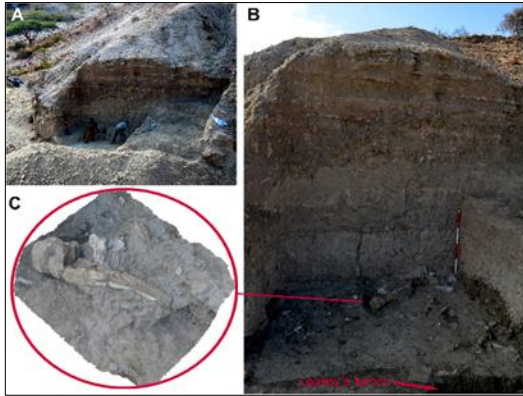


Figura 4.4.2. A: Visual de la trinchera 14 desde el oeste. B: Superficie de excavación con los restos de una tibia de elefante y la localización de una de las trincheras excavadas por Louis Leakey (probablemente la trinchera 6). C: Detalle de la tibia de elefante (Organista et al., 2015).

cm de espesor) que corresponde a un evento de inundación. La secuencia se inicia en la parte inferior con 30 cm de estratigrafía cruzada compuesta de gravas

6% (<5 mm), arenas 75% y limos 19%. La velocidad de la inundación disminuyó rápidamente y continuó el proceso de sedimentación del limo tobáceo, dejando una capa de 20 cm de espesor de sedimento masivo, bioturbado, y pálido (7/2 5Y). Por último, el proceso de decantación llegó a ser dominante como refleja una capa de limo y arcilla, de 10 cm de espesor donde el 5% se compone de pequeños agregados aluviales (bolitas de arcilla y *pelletoids*). Estos agregados son de arcilla (54%), limo (35%), y arena muy fina (11%) (limosa-arcilla) con un color marrón (7.5YR3/4). Los restos arqueológicos (nivel 5) están intercalados en la parte superior de este sedimento limoso arcilloso (Fig. 4.4.4) (Organista et al., 2012).

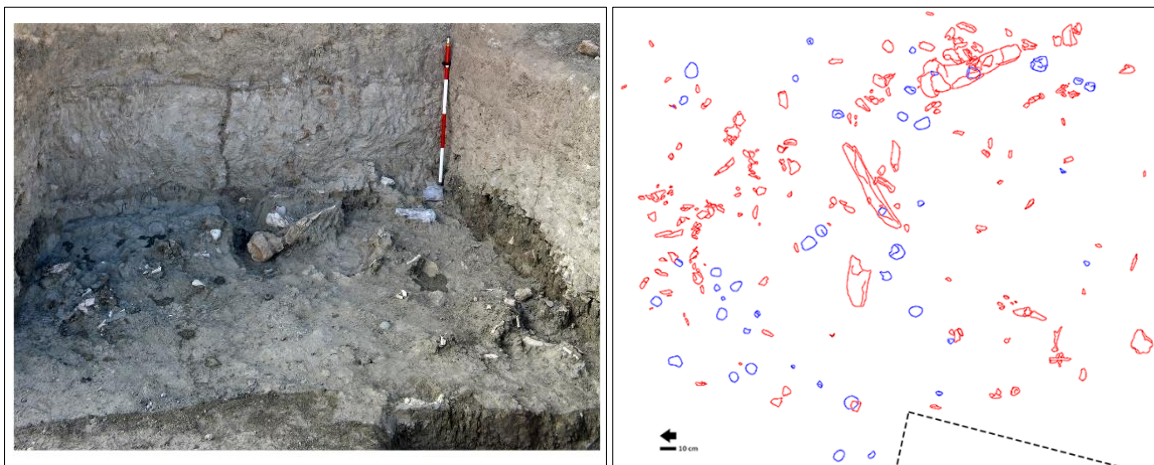


Figura 4.4.3. Foto (izquierda) y planimetría (derecha) del área de excavación en la trinchera 14 (rojo: hueso; azul: lítica). En la esquina inferior derecha se observa parte de la trinchera excavada por Louis Leakey.

Los huesos y herramientas de piedra se acumularon tras la inundación, cuando el sedimento fino fue consolidado. Ni la carga de fondo en la parte baja ni el limo tobáceo contienen restos de hueso o lítica. La subida del nivel freático o tal vez el agua de lluvia fue suavizando el depósito fluvial, lo que permitió la alternancia de

restos arqueológicos en la capa superior favoreciendo su preservación. La parte superior de la secuencia esta erosionada parcialmente por la unidad 2, creando una zona de contacto suavemente inclinada hacia el N-NW (<4 °) y formas onduladas localmente (Organista et al., 2015).

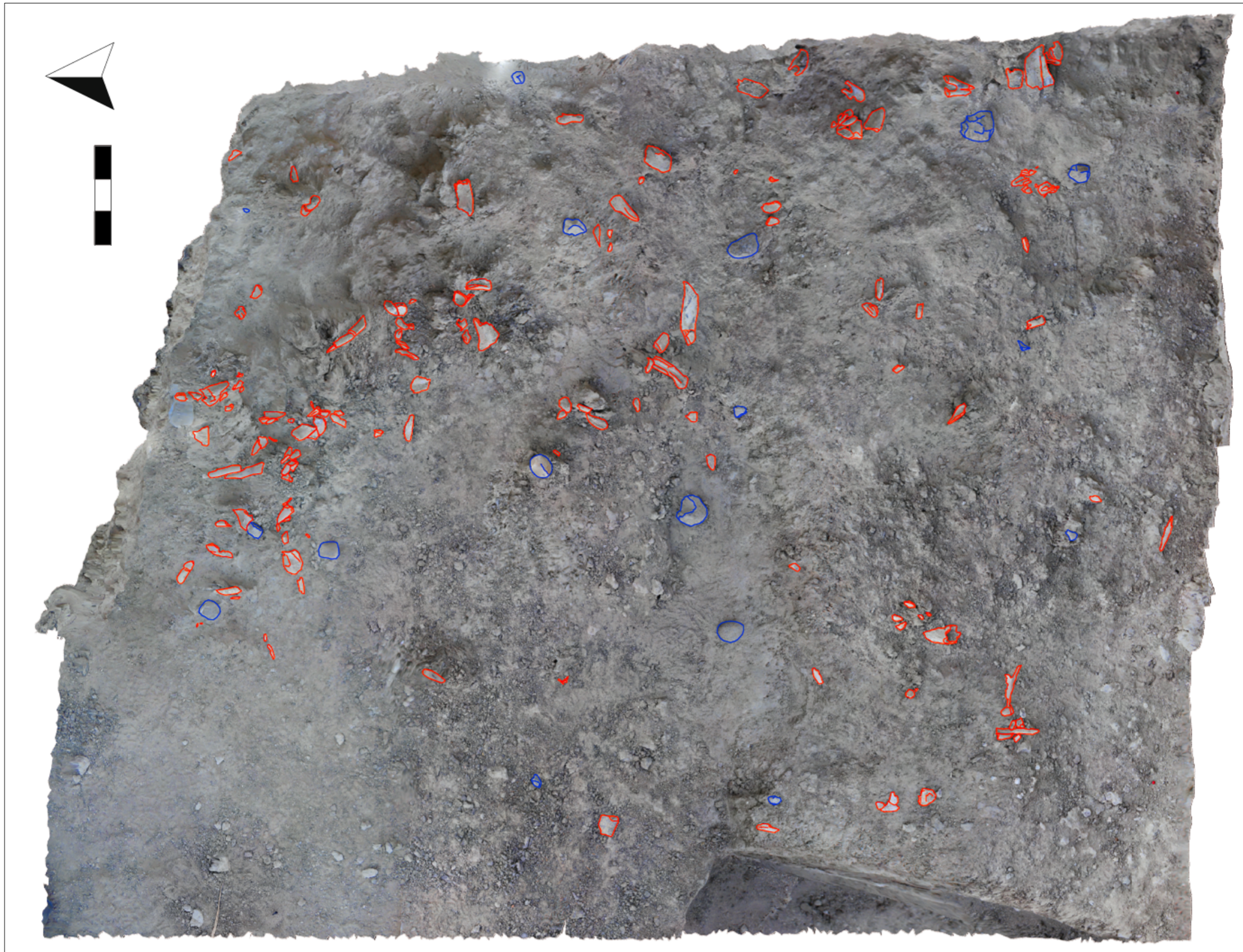


Figura 4.4.4. Ortofoto de una de las superficies excavadas en del nivel 5 mostrando los fósiles (rojo) y las herramientas de piedra (azul). Escala= 30 cm



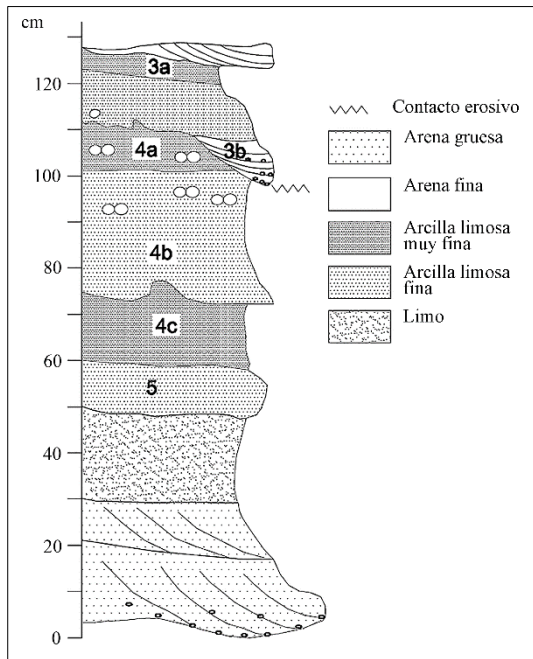


Figura 4.4.5. Sección estratigráfica detallada del nivel 5.

La proyección estereográfica de los especímenes muestra una distribución uniforme y una tendencia hacia la horizontalidad (Fig. 4.4.5). La dirección media es de 90° Este - 270° Oeste, como muestra el intervalo de confianza del 95% del estereograma, pero, como refleja el diagrama de rosas (Fig. 4.4.6.), no existe una orientación preferente. El diagrama de Woodcock también sugiere un tejido isotrópico del conjunto con una distribución K de Von Misses de 0.08 (Fig. 4.4.7). Los valores obtenidos de la prueba de Rayleigh ($R= 1,78$, $p=> 0,16$), prueba de Kuiper ($V= 1,5$, $p=> 0,10$), y la prueba de Watson ($U_2= 0,12$, $p=> 0,15$) muestran una distribución uniforme donde la hipótesis nula de isotropía no puede ser rechazada.

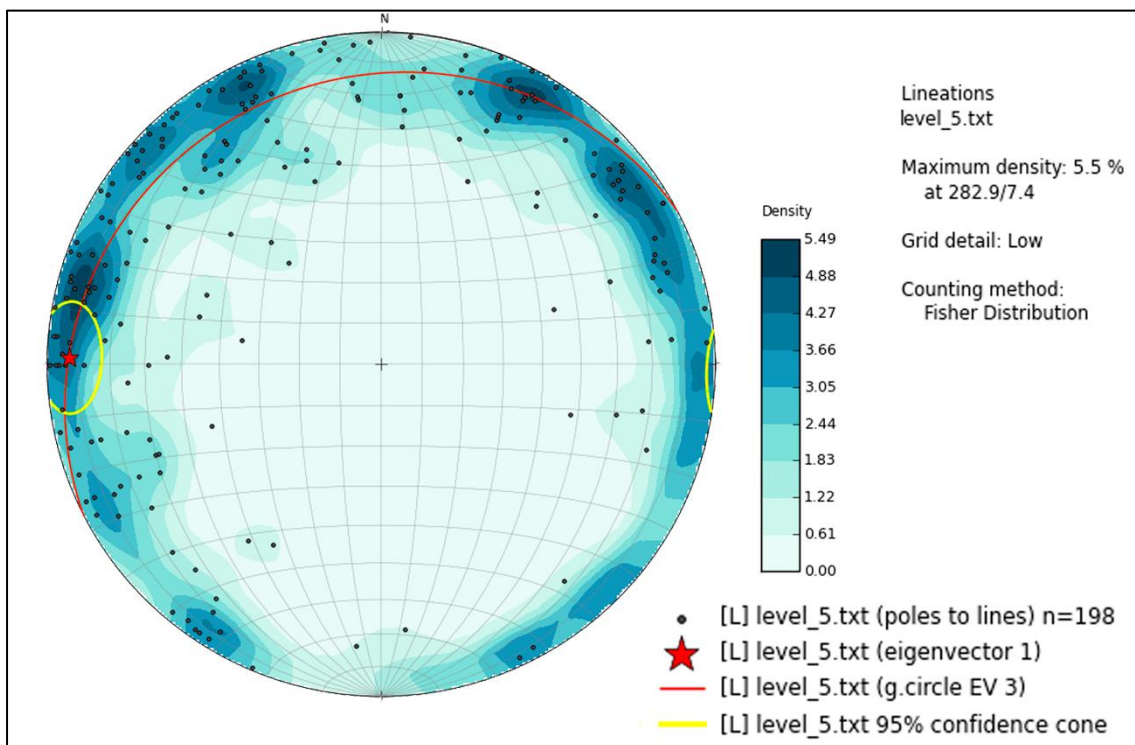


Figura 4.4.5. Estereograma que refleja la inclinación y orientación azimutal de los especímenes que mostraron un eje longitudinal claro en BK5. Se muestra el primer *eigenvector* con la distribución de la media del conjunto y el tercer *eigenvector* que refleja la variabilidad del conjunto de datos.

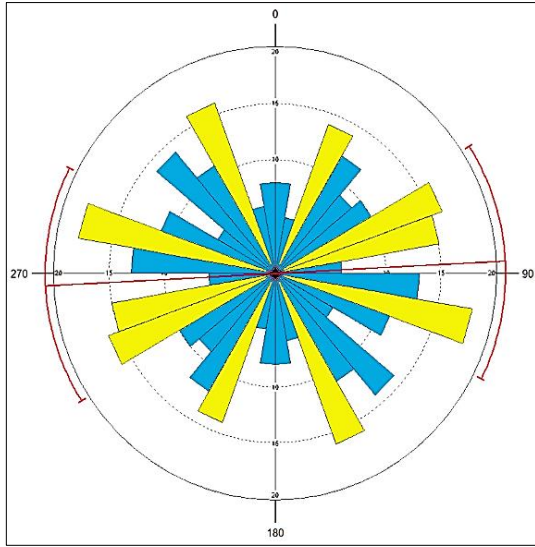


Figura 4.4.6. Diagrama de rosas indicando la orientación uniforme de los datos y su tendencia.

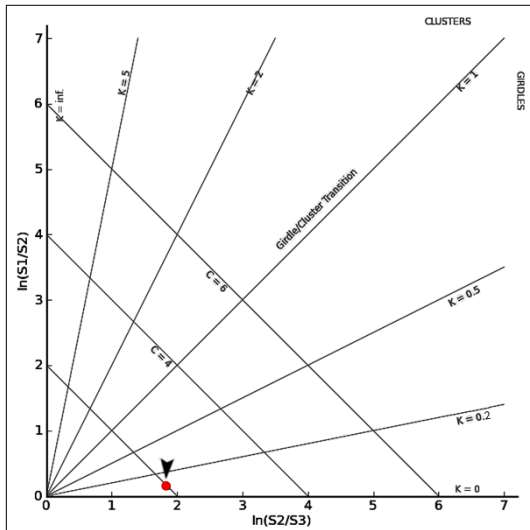


Figura 4.4.7. Diagrama de Woodcock mostrando una fábrica isotrópica para el conjunto, con una distribución Von Mises que refleja un valor K de concentración inferior a 0.2.

El análisis de los especímenes según su longitud muestra que los fragmentos mejor representados son aquellos que se encuentran entre los 21 y 60 mm, pero esto se debe a la fracturación diagenética (Fig. 4.4.8). Cuando analizamos el conjunto

fracturado en fresco podemos ver como los fragmentos entre 30 y 60 mm manifiestan un descenso, aunque siguen siendo los más frecuentes junto con los especímenes de más de 100 mm (Fig. 4.4.8). Los tres tamaños de carcassas presentan una mayor frecuencia de especímenes de más de 100 mm. Los fragmentos de menos de 50 mm son más abundantes en las carcassas de tamaño medio (Fig. 4.4.8). Las carcassas de tamaño pequeño muestran una frecuencia de especímenes muy baja independientemente del rango de tamaños. Finalmente, las carcassas de tamaño grande están mejor representadas por fragmentos de más de 70 mm (Fig. 4.4.8).

Cuando analizamos los huesos apendiculares de forma aislada observamos un patrón similar con una mayor frecuencia de especímenes entre 41-60 mm y superiores a 100 mm independientemente del tipo de fractura. Los especímenes de menos de 40 mm están infrarrepresentados tanto en el conjunto de huesos largos como en el de huesos largos fracturados en fresco (Fig. 4.4.9). Esto sugiere que algún agente o proceso físico modificó el conjunto eliminando parte de los especímenes.

Tras realizar una distribución de los especímenes diafisarios en función de su longitud, tamaño de carcassa, y si muestran pulido en su superficie o no, se observa como los fragmentos de menos de 30 mm están infrarrepresentados conservándose solo algunos pertenecientes a carcassas de tamaño pequeño (9%) (Fig. 4.4.10).

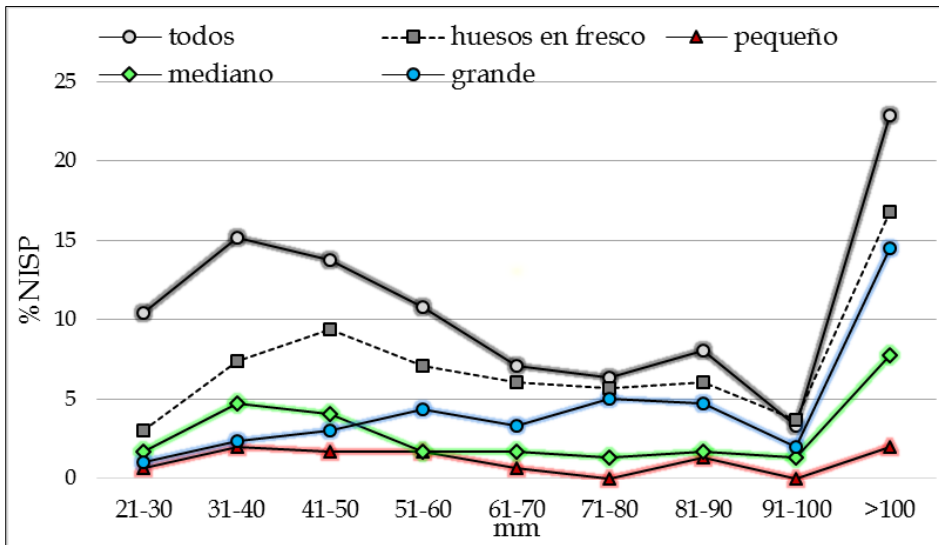


Figura 4.4.8. Distribución de los fragmentos óseos por su longitud y tamaño de carcasa.

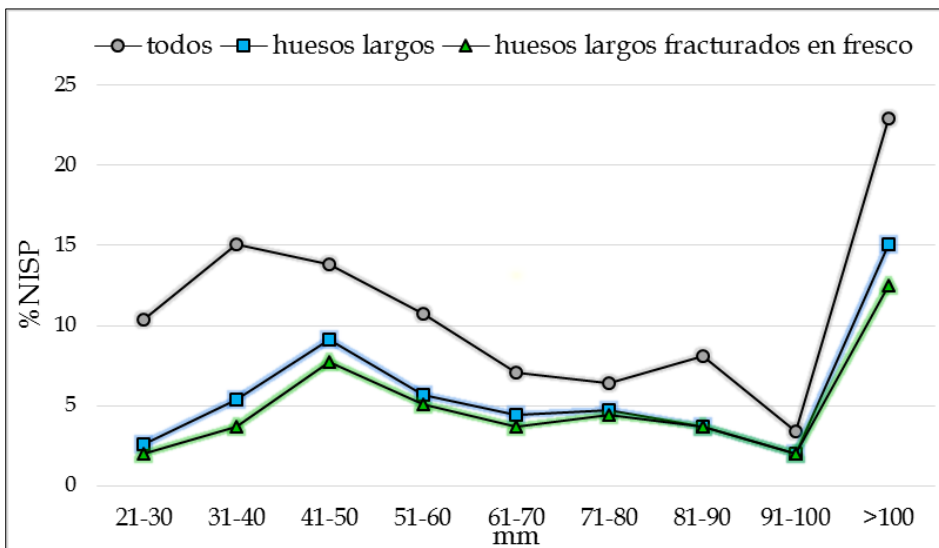


Figura 4.4.9. Distribución de los huesos largos apendiculares según su longitud y fractura.

Los fragmentos entre 31 y 60 mm están bien representados en los tres tamaños de carcasas, pero son los fragmentos de más de 60 mm los más abundantes para las carcasas de tamaño medio (60.5%) y grande (80%). Solo los especímenes de más de 60 mm pertenecientes a carcasas de tamaño pequeño (4.3%) y medio

(2.6%) muestran abrasión y pulido. La presencia de especímenes diafisarios de todos los tamaños, con buena preservación independientemente del tamaño del animal, sugiere que la perturbación por agua fue mínima en el conjunto (Fig. 4.4.10).

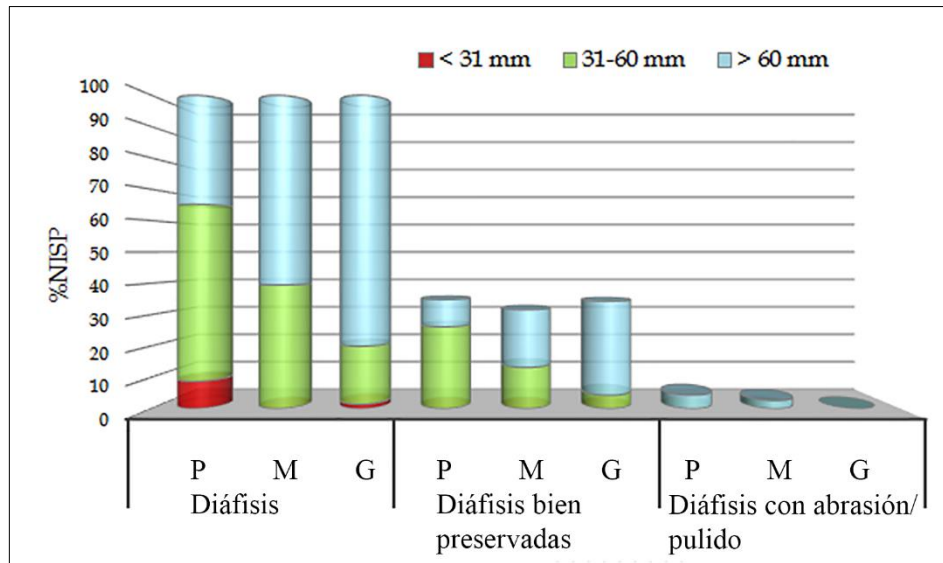


Figura 4.4.10. Distribución de los especímenes diafisarios según el rango de longitud, tamaño de carcasa, preservación y presencia de pulido/abrasión.

De los 306 especímenes estudiados en BK5 el 3.6% muestra restos de carbonato y el 21.2% (n= 65) presenta alteraciones químicas provocadas por la presencia de agua o la exposición prolongada a la humedad. Entorno al 8.4% (n= 8) del conjunto muestra alteraciones por el agua, aun teniendo las superficies corticales bien preservadas. Solo el 2.2% (n= 7) se ve afectado por la abrasión y el pulido de sus superficies por lo tanto, nos encontramos ante un conjunto que no ha sufrido transporte a larga distancia apoyando la autoctonía del conjunto (Organista et al., 2015).

4.4.2 Análisis Faunístico

Perfiles esqueléticos

La excavación y recogida de material realizada por el equipo de Louis Leakey en el nivel *Pelorovis*, sacó a la luz un total de 228 especímenes correspondientes a 24 individuos adultos de *Pelorovis oldo-*

wayensis (Tabla 4.4.1). Cuando cuantificamos el número de especímenes por partes esqueléticas y secciones óseas vemos como los fragmentos diafisarios están totalmente ausentes (Fig. 4.4.11, Tabla 4.4.2). Esto se debe posiblemente a que el material más fragmentado y de difícil diagnóstico fue descartado del conjunto (Organista et al., 2015).

Cuando comparamos el NME según NMI observamos que los elementos craneales están representados en un 100%, mientras que el esqueleto axial, apendicular y los huesos compactos apenas están presentes (Fig. 4.4.11, Tabla 4.4.2).

La escasa frecuencia de elementos axiales y compactos puede deberse a su conservación diferencial o a que fuesen saqueados por los carnívoros, aunque buena parte de los elementos vertebrales (n= 63) y huesos largos recuperados están completos (n=11) o corresponden a secciones epifisarias (n= 39) carentes de marcas de dientes (ver más abajo) (Tabla 4.4.2).

	NMI		
	Juvenil	Adulto	Leakey
Antilopini			
<i>Antidorcas recki</i>		1	
Antilopini tamaño 1	1	1	
Alcelaphini			
Alcelaphini tamaño 3		1	
Bovini			
<i>Pelorovis oldowayensis</i>		1	24
Suidae			
<i>Metridiochoerus compactus</i>	1	1	
Equidae			
<i>Equus oldowayensis</i>	1	2	
Hippopotamidae			
<i>Hippopotamus</i> sp.	1	1	
Elephantidae			
<i>Elephas</i> sp.		1	
Giraffidae			
<i>Giraff</i> sp.		1	
Cercopithecidae			
<i>Theropithecus</i> sp.		1	
Hystricidae			
<i>Hystrix</i> sp.		1	
Crocodylidae			
<i>Crocodylus</i> sp.		1	
Total		17	24

Tabla 4.4.1. Número mínimo de individuos identificados en el nivel 5 de BK por Leakey y TOPPP.

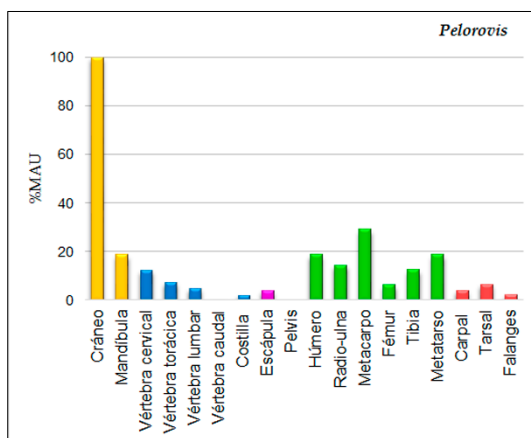


Figura 4.4.11 Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de *Pelorovis*.

El análisis de la superficie ósea revela que el 58% de la muestra está mal preservada. Los estadios de exposición subaérea documentados en los huesos largos (n=62) son muy variables. El 55% (n=34) tiene un estadio 0, el 15% (n=9) un estadio 1, el 22% (n=13) un estadio 2, el 2% (n=2) un estadio 3 y otro 2% (n=2) un estadio 4. Esta variabilidad junto con la preservación diferencial implica que hubo distintos episodios de deposición a lo largo del tiempo. La presencia de especímenes con un estadio 0 indica que una parte del conjunto se acumuló en un periodo breve de tiempo o quizá recurrente a lo largo del tiempo, pero con procesos de sedimentación muy rápidos ya que los restos se encontraron en intervalos verticales diferentes. Esto descarta la interpretación de un evento de muerte natural por ahogamiento o matanza en masa como sugirió Leakey (1954).

El 51% de la muestra presenta fracturas en fresco y el 49% en seco. Las fracturas en fresco están presentes en los huesos largos de las extremidades si bien solo se han documentado 4 marcas de dientes (9%) y 1 marca de percusión (4.5%). Por otro lado, apenas hay marcas de carnicería, solo se han documentado 2 marcas de corte (2.2%). El bajo porcentaje de marcas de dientes en las epífisis de los huesos largos, así como en los restos pertenecientes al esqueleto axial, nos indica que hubo una actividad limitada de los carnívoros sobre los huesos.

El conjunto de BK5 excavado por TOPPP, se compone de 306 fragmentos, de los cuales 245 se han podido atribuir a tamaño de carcasa. Los especímenes correspondientes a carcasas de tamaño pequeño son los peor representados (n= 33),

seguidos por los de tamaño medio (n= 76) y de tamaño grande (n= 125) (Tabla 4.4.2). Se han identificado un total de 17 individuos (Tabla 4.4.1). Sí tenemos en cuenta solo los herbívoros (incluyendo los suidos) encontramos 3 carcasas de tamaño pequeño, 6 de tamaño medio y 5 de tamaño grande (Fig. 4.4.12).

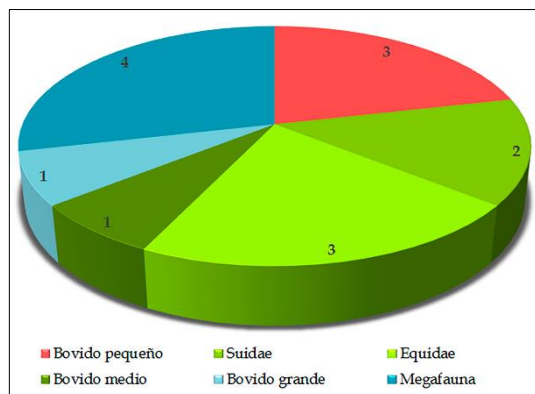


Figura 4.4.12. Frecuencia de individuos por tamaño de animal y familia en BK5. Rojo: animales de tamaño pequeño. Verde: animales de tamaño medio. Azul: animales de tamaño grande.

La comparación entre el NME y NMI muestra que las frecuencias de partes anatómicas para los tres tamaños de carcasas están dominadas por los huesos craneales y apendiculares, mientras que el esqueleto axial, los huesos compactos y especímenes con tejido esponjoso están infrarrepresentados.

Las carcasas de tamaño pequeño están constituidas en su mayor parte por elementos craneales (100%) y por algunos elementos apendiculares (42%) pertenecientes sobre todo a diáfisis de húmero y tibia. El esqueleto axial es escaso, documentándose solo un par de costillas (2%), y una pelvis (12.5%). Los huesos compactos están totalmente ausentes (Fig. 4.4.13, Tabla 4.4.3).

	<i>Pelorovis</i>	
	NISP	NME
Cráneo	23	23
Dientes		
Hemimandíbula	10	9
Vértebra cervical	21	21
Vértebra torácica	32	24
Vértebra lumbar	7	7
Vértebra caudal	11	11
Costilla	31	6
Escápula	2	2
Coxal		
Húmero		9
Completo	2	
Epi. Proximal	3	
Diáfisis		
Epi. Distal	6	
Radio-Ulna		7
Completo	2	
Epi. Proximal	2	
Diáfisis		
Epi. Distal	4	
Metacarpal		14
Completo	2	
Epi. Proximal	2	
Diáfisis		
Epi. Distal	13	
Fémur		3
Completo	2	
Epi. Proximal	11	
Diáfisis		
Epi. Distal		
Tibia		6
Completo	2	
Epi. Proximal		
Diáfisis		
Epi. Distal	5	
Metatarsal		9
Completo	1	
Epi. Proximal	3	
Diáfisis		
Epi. Distal	5	
Cárpales	6	6
Társales	8	8
Falanges	12	12
Total	228	177

Tabla 4.4.2 Número mínimo de especímenes identificados y estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en el conjunto *Pelorovis*.

Los animales de tamaño medio muestran una mayor frecuencia de elementos apendiculares (100%) correspondientes tanto a epífisis como a diáfisis, siendo los elementos de radio-ulna los más abundantes. Las escápulas y coxales también reflejan una representación del 100%, mientras que los elementos craneales disminuyen su frecuencia al 80%. Las vértebras, costillas y huesos compactos son escasos con unos porcentajes similares del 6.5% (Fig. 4.4.14, Tabla 4.4.4).

Las carcasas de tamaño grande muestran una mayor frecuencia de elementos craneales (100%) y apendiculares (91.5%) sobre todo de húmero y tibia. El esqueleto axial está casi ausente (4%) y las escápulas y costillas se encuentran variablemente representadas (50%). Los huesos compactos, al igual que en los otros tamaños de carcasa, son escasos (2.5%). Esta baja frecuencia de elementos con tejido esponjoso también se ve reflejado en el esqueleto apendicular donde solo se han documentado seis fragmentos epifisarios (Fig. 4.4.15, Tabla 7.4.5).

Los perfiles esqueléticos cuantificados a través del índice de uniformidad de Shannon (Faith y Gordon, 2007) muestran unos valores de 0.93 para los animales pequeños y 0.94 para los animales de tamaño medio. Esta ausencia de uniformidad podría ser resultado de la falta de representación de elementos craneales y metapodiales. Esto probablemente sea debido al transporte selectivo de las carcasas. Los animales de tamaño grande muestran un valor de 0.95 indicando que hay una representación esquelética más uniforme y por lo tanto que las carcasas se adquirieron completas en el yacimiento o muy cerca de él.

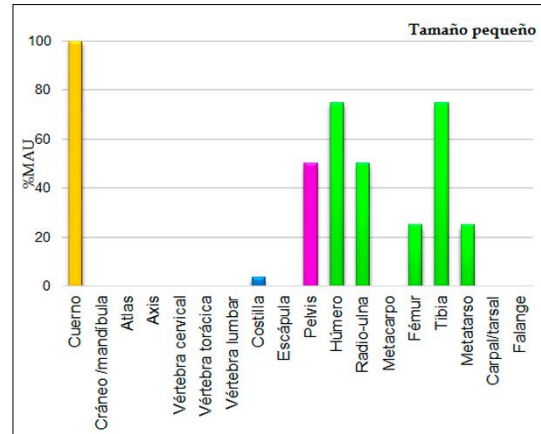


Figura 4.4.13. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño pequeño.

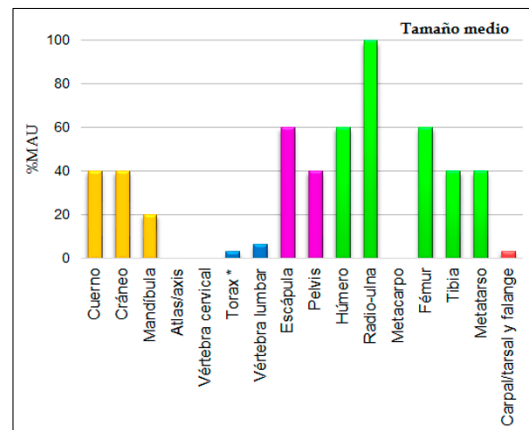


Figura 4.4.14. Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño medio.

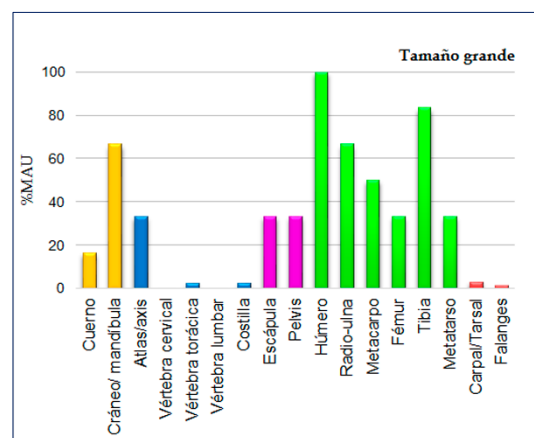


Figura 4.4.15 Porcentaje de las unidades anatómicas mínimas según el elemento esquelético para las carcasas de tamaño grande

Tamaño pequeño	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	4	4				4
Cráneo						
Dientes	2	2				
Hemimandíbula						
Vértebra cervical						
Vértebra torácica						
Vértebra lumbar						
Vértebra indet.						
Costilla	2	2				2
Escápula						
Coxal	2	1				1
Húmero						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	2	2		1		
Epi. Distal	1					
Radio-Ulna						2
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	1					
Epi. Distal						
Metacarpal						0
Epi. Proximal						
Diáfisis						
Epi. Distal						
Fémur						1
Epi. Proximal						
Diáfisis	2					
Epi. Distal						
Tibia						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	5	2	1	1		
Epi. Distal						
Metatarsal						1
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	2	1				
Epi. Distal						
ULB*	1	1				
ILB*						
LLB*	1					
Diáfisis indet.	6					
Rótula						
Cárpales/Társales						
Falanges						
Indet. no diafisario						
Total	33	17	1	2	0	17

Tabla 4.4.3. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño pequeño. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño medio	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	5	5				2
Cráneo	1	1				1
Dientes	7	7				
Hemimandíbula	2					1
Vértebra cervical						
Vértebra torácica	1					1
Vértebra lumbar	1		1			1
Vértebra indet.	2	2				
Costilla	4	3	1			2
Escápula	3	1	1			3
Coxal	3	1				2
Húmero						3
Epi. Proximal	1					
Diáfisis	8	2		1		
Epi. Distal	1					
Radio-Ulna						5
Epi. Proximal	2					
Diáfisis	2	1		1		
Epi. Distal	3	2	1			
Metacarpal						0
Epi. Proximal						
Diáfisis						
Epi. Distal						
Fémur						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	4	1			1	
Epi. Distal						
Tibia						2
Epi. Proximal	1					
Diáfisis						
Epi. Distal	1					
Metatarsal						2
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	2	2				
Epi. Distal	1					
ULB*						
ILB*	1	1				
LLB*	2					
Diáfisis indet.	10	3				
Rótula	3	3				3
Cárpales/Társales	2	1				2
Falanges	1	1				1
Indet. no diafisario	2					
Total	77	38	4	2	1	34

Tabla 4.4.4. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño medio. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

Tamaño grande	NISP	NISP bien preservados	Marcas Dientes	Marcas Percusión	Marcas Corte	MNE
Cuerno	5	5				2
Cráneo	1	1				1
Dientes	7	7				
Hemimandíbula	2					1
Vértebra cervical						
Vértebra torácica	1					1
Vértebra lumbar	1		1			1
Vértebra indet.	2	2				
Costilla	4	3	1			2
Escápula	3	1	1			3
Coxal	3	1				2
Húmero						3
Epi. Proximal	1					
Diáfisis	8	2		1		
Epi. Distal	1					
Radio-Ulna						5
Epi. Proximal	2					
Diáfisis	2	1		1		
Epi. Distal	3	2	1			
Metacarpal						0
Epi. Proximal						
Diáfisis						
Epi. Distal						
Fémur						3
Epi. Proximal						
Diáfisis	4	1			1	
Epi. Distal						
Tibia						2
Epi. Proximal	1					
Diáfisis						
Epi. Distal	1					
Metatarsal						2
Epi. Proximal	1	1				
Diáfisis	2	2				
Epi. Distal	1					
ULB*						
ILB*	1	1				
LLB*	2					
Diáfisis indet.	10	3				
Rótula	3	3				3
Cárpales/Társales	2	1				2
Falanges	1	1				1
Indet. no diafisario	2					
Total	77	38	4	2	1	34

Tabla 4.4.5. Número mínimo de especímenes identificados en la totalidad del conjunto y en la muestra bien conservada. Frecuencia de especímenes con marcas de dientes, percusión y corte. Estimación del mínimo número de elementos para cada parte esquelética en las carcasas de tamaño grande. * ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores.

No obstante, el tamaño de las muestras es pequeño (inferior a 30 o 50) descartando una interpretación definitiva.

	Pequeño	Mediano	Grande
<i>n</i>	18	25	27
Índice de uniformidad	0.93	0.94	0.95

Tabla 4.4.6. Índices de uniformidad obtenidos a partir de los elementos de alta supervivencia (cráneo, mandíbula y huesos largos apendiculares) para cada tamaño de carcasa.

La baja frecuencia de elementos axiales y huesos compactos puede deberse a un transporte selectivo, pero también puede ser resultado del saqueo por carnívoros o a los flujos de agua.

Al comparar la representación de las partes esqueléticas de alta supervivencia con los índices de utilidad alimenticia para cada tamaño de carcasa, se puede observar que no hay una relación significativa entre los elementos y su utilidad económica (Tabla 4.4.7). Igual sucede cuando comparamos los índices de densidad ósea con las partes anatómicas, los resultados indican que no hay una correlación significativa para las carcasas de tamaño medio y grande (Tabla 4.4.8). Sin embargo, los animales de tamaño pequeño si muestran una correlación significativa entre los elementos de alta supervivencia y la densidad mineral (Tabla 4.4.8).

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	-0.166	-0.041	-0.138
<i>F</i>	0.0003	0.681	0.150
<i>p</i>	0.98	0.43	0.71
Spearman			
<i>rs</i>	0.121	0.367	0.506
<i>p</i>	0.77	0.33	0.20

Tabla 4.4.7. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la utilidad económica. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

	Pequeño	Mediano	Grande
Regresión			
<i>r</i>	0.541	-0.122	-0.164
<i>F</i>	9.281	0.125	0.009
<i>p</i>	0.02	0.73	0.92
Spearman			
<i>rs</i>	-0.751	-0.412	0.144
<i>p</i>	0.03	0.26	0.73

Tabla 4.4.8. Regresión y estadística de Spearman para la relación entre el %MAU y la densidad ósea. Análisis aplicado sobre los elementos de alta supervivencia.

Esto sugiere que en general los procesos destructivos asociados a la densidad mineral no son los responsables de la representación anatómica de las carcasas de tamaño medio y grande. Sin embargo, los animales de tamaño pequeño hubieron de verse afectados por algún agente postdeposicional que elimino los elementos menos densos.

Teniendo en cuenta que las muestras son pequeñas como para ser determinantes, los resultados sugieren que las carcasas de tamaño pequeño y medio fueron transportadas selectivamente al yacimiento. Posteriormente los animales de tamaño pequeño sufrieron un sesgo que afecto a los huesos menos densos. Esto no es contradictorio con un acceso temprano a las carcasas. Bunn (2007) ha demostrado que los hadza transportan de manera independiente la carne del esqueleto axial y sus huesos (especialmente las vértebras) sólo porque tienen la tecnología de ebullición para extraer la grasa de ellos. En ausencia de tal tecnología no habría incentivo para el transporte de los huesos axiales. Por el

contrario, las carcacas de tamaño grande se hubieron de obtener completas en el yacimiento o próximas a él, de manera que la ausencia de elementos axiales serían el resultado de un ligero sesgo post-deposicional que no se refleja en los índices de densidad ósea pero que estaría presente (ver más abajo).

Modificaciones de la superficie ósea

De los 306 especímenes estudiados, sólo el 31% (n= 95) tiene las superficies corticales bien conservadas. El 11.4% (n= 35) muestra marcas bioquímicas causadas por hongos y bacterias. Las marcas de pisoteo se observan en el 21.2% (n= 65) del conjunto total y en el 30.5% (n= 29) de la submuestra bien conservada. La microabrasión se documenta en un 10% (n= 30) de la muestra total. Ambos tipos de modificación sugieren que los sedimentos abrasionaron (macro y micro) parte del conjunto a pesar de que la mayoría de los sedimentos eran arcillosos.

La meteorización subaérea se pudo evaluar sobre una muestra de 83 especímenes diafisarios ya que el 51% (n= 88) presenta meteorización química producida por la composición del suelo. El 61.4% (n= 51) de estos especímenes muestran un estadio 0 de exposición subaérea, el 19.3% (n= 16) se encuentra en estadio 1, el 13.3% (n= 11) en estadio 2, el 6% (n= 5) en estadio 3. Los estadios 4 y 5 no han sido documentados en el conjunto. En términos relativos, estos datos indican un tiempo de exposición muy largo para al menos algunos de los restos acumulados, probablemente abarcando varios años, aunque más de la mitad de la muestra se acumuló

en un periodo relativamente rápido (menos de un año).

El porcentaje de especímenes con marcas de corte para la muestra total (incluyendo los especímenes que no pueden ser clasificados por tamaño de carcaca) es de un 4.2% (n= 13). La mayoría de estas marcas se producen en huesos largos de las extremidades (n= 9), en huesos craneales (dos hemimandíbulas), y sobre una escápula, todos ellos correspondientes a carcacas de tamaño grande (Tabla 4.4.5, Fig. 4.4.18). Las carcacas de tamaño pequeño no presentan especímenes con marcas de corte y las carcacas de tamaño medio contienen un único espécimen con marcas (Tabla 4.4.4, Fig. 4.4.17). La marca se localiza en la superficie craneal de la diáfisis media de un fémur, justo en la zona caliente donde los restos de carne estarían ausentes si los carnívoros hubiesen tenido un acceso primario a este recurso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). El porcentaje de marcas de corte sobre especímenes diafisarios con buena cortical y aplicada la corrección por fractura diagenética es del 30% para las carcacas de tamaño grande (Tabla 4.4.9). Cuando analizamos la distribución de las marcas de corte en función de los miembros apendiculares podemos ver como los porcentajes correspondientes a los miembros intermedios (42.8%) y a las diáfisis medias (37.5%) superan los rangos establecidos para un acceso primario a animales de tamaño grande según el modelo experimental de Gidna et al., (2014) (Tabla 4.4.10).

La mayoría de las marcas de corte documentadas son el resultado del descarnado y desarticulado, excepto las marcas presentes en los metapodios, que están relacionados con el despellejado y el raspado

del periostio (Binford 1981; White, 1992).

Carcasas de tamaño grande		
ULB	1/6	16.6%
ILB	6/14	42.8%
LLB	2/3	66.6%
Diáfisis*	9/24	37.5%
Epífisis	0/1	0
Total	9/25	36%

Tabla 4.4.10. Frecuencia de especímenes bien preservados con marcas de corte según miembro, sección ósea y tamaño de carcasa. ULB: miembros superiores; ILB: miembros intermedios; LLB: miembros inferiores. * Los fragmentos diafisarios incluyen dos especímenes indeterminados.

Las marcas de percusión aparecen en un 4.2% (n= 13) del total de la muestra (incluyendo los especímenes que no pueden ser clasificados por tamaño de carcasa). Los animales de tamaño pequeño presentan dos especímenes diafisarios con marcas; un húmero y una tibia (Tabla 4.4.3, Fig. 4.4.16). Los animales de tamaño medio muestran otros dos especímenes diafisarios con marcas de percusión; un húmero y un radio (Tabla 4.4.4, Fig. 4.4.17). Por último, los animales de tamaño grande muestran nueve especímenes con marcas de percusión, siete de ellos sobre especímenes diafisarios de fémur, radio-ulna y tibia (Tabla 4.4.5, Fig. 4.4.18). Cuando analizamos la frecuencia de marcas de percusión sobre los especímenes diafisarios bien conservados y corregidos por la fracturación diagenética el porcentaje de marcas aumenta. Las carcasas de tamaño pequeño presentan un 44% de los especímenes con marcas de percusión, pero la muestra es demasiado pequeña como para realizar inferencias definitivas. Los animales de tamaño medio muestran

un 24% y las carcasas de tamaño grande un 22% (Tabla 4.4.9).

La presencia de una costilla perteneciente a un animal de tamaño grande con marcas de percusión sugiere que los homínidos estaban aprovechando la médula roja (Binford 1981; Pickering et al., 2013).

Estas frecuencias de marcas de percusión sobre especímenes diafisarios superan el intervalo de confianza del 95% del modelo Percusión para las carcasas de tamaño pequeño mientras que las carcasas de tamaño medio y grande caen dentro del rango documentado en los modelos de Percusión-Carnívoro (Blumenshine, 1988, 1995; Capaldo, 1997).

El porcentaje de especímenes con marcas de dientes es de un 4.2% (n= 13), incluyendo los especímenes que no pueden ser clasificados por tamaño de carcasa. Las carcasas de tamaño pequeño presentan un único espécimen con marcas de dientes. El fragmento corresponde a una diáfisis de tibia (Tabla 4.4.3, Fig. 4.4.16). Las carcasas de tamaño medio conservan cuatro fragmentos con marcas de dientes la mayoría sobre especímenes axiales (escápula, vértebra, costilla) y sobre un radio-ulna (Tabla 4.4.4, Fig. 4.4.17). Las carcasas de tamaño grande muestran 8 fragmentos con marcas de dientes: una hemimandíbula, dos escápulas, una vértebra cervical, una costilla, y dos fragmentos de radio-ulna (Tabla 4.4.5, Fig. 4.4.18).

	Carcasas de tamaño Pequeño			Carcasas de tamaño Mediano			Carcasas de tamaño Grande		
	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión
<i>Número total de especímenes con marcas</i>									
BK5	1/33 3%	0/33 0%	2/33 6%	4/77 5%	1/77 1%	2/77 3%	8/125 6%	12/125 10%	9/125 7%
<i>Número total de especímenes bien preservados con marcas</i>									
BK5	1/17 6%	0/17 0%	2/17 12%	3/38 8%	0/38 0%	2/38 5%	6/41 15%	9/41 22%	6/41 15%
<i>Número total de especímenes con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>									
BK5	1/13 8%	0/13 0%	2/13 15%	3/32.5 9%	0/32.5 0%	2/32.5 6%	6/37 16%	9/37 24%	6/37 16%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas</i>									
BK5	1/23 4%	0/23 0%	2/23 9%	1/40 3%	1/40 3%	2/40 5%	3/72 4%	9/72 12.5%	7/72 10%
<i>Número total de especímenes apendiculares bien preservados con marcas</i>									
BK5	0/8 0%	0/8 0%	2/8 25%	1/13 8%	0/13 0%	2/13 15%	2/25 8%	7/25 28%	5/25 20%
<i>Número total de especímenes apendiculares con marcas bien preservados y corregido por fractura en seco</i>									
BK5	0/6 0%	0/6 0%	2/6 33%	1/11.5 9%	0/11.5 0%	2/11.5 17%	2/24 8%	7/24 29%	5/24 21%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas</i>									
BK5	1/20 5%	0/20 0%	2/20 10%	0/29 0%	1/29 3%	2/29 7%	1/66 2%	9/66 14%	7/66 11%
<i>Número total de especímenes diafisarios bien preservados con marcas</i>									
BK5	0/6 0%	0/6 0%	2/6 33%	0/10 0%	0/10 0%	2/10 20%	1/24 4%	7/24 29%	5/24 21%
<i>Número total de especímenes diafisarios con marcas bien preservados y con fractura en seco</i>									
BK5	0/4.5 0%	0/4.5 0%	2/4.5 44%	0/8.5 0%	0/8.5 0%	2/8.5 24%	1/23 4%	7/23 30%	5/23 22%

Tabla 4.4-9. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en BK4c según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.

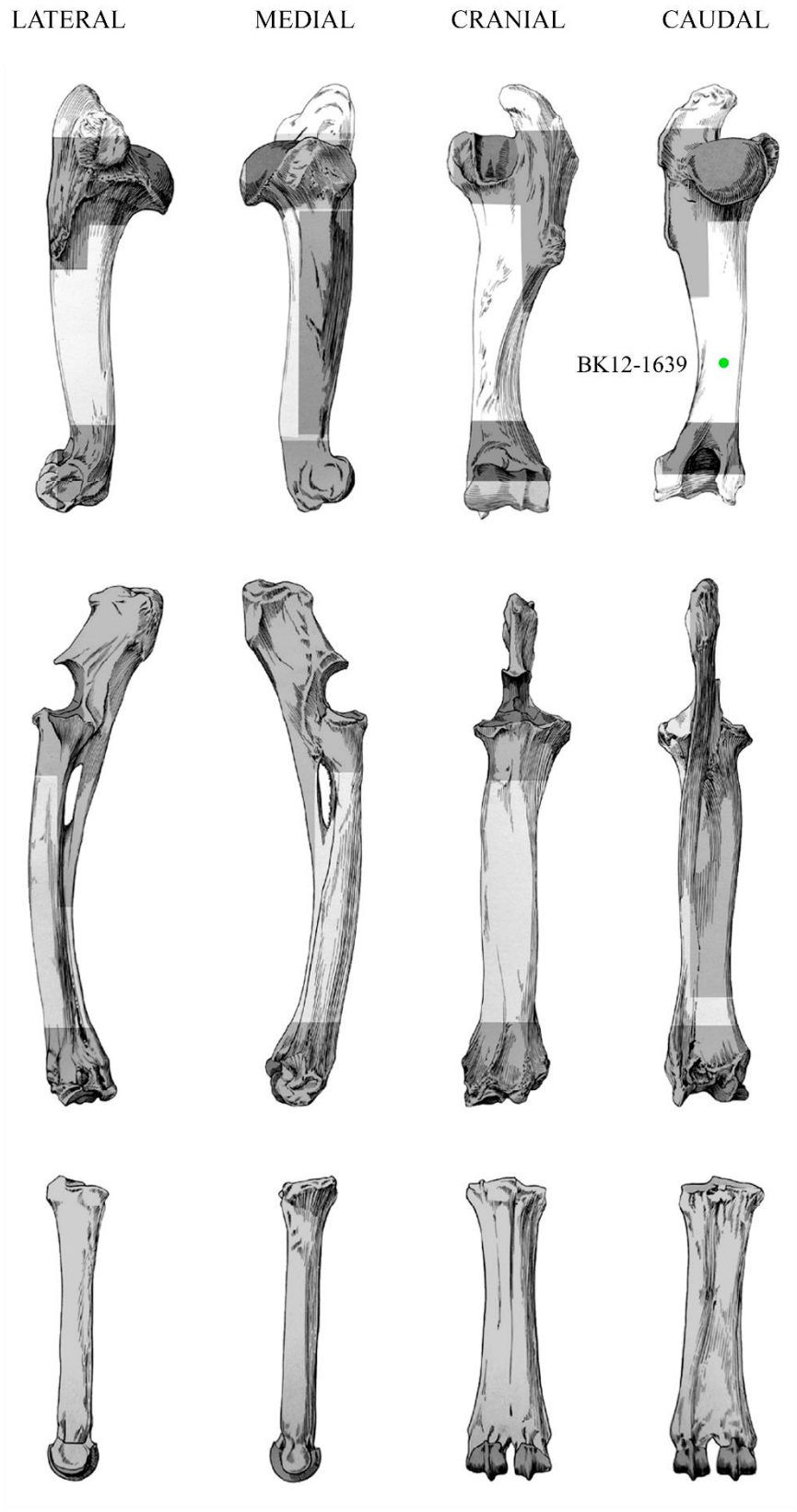
Aplicando la corrección en función de la buena preservación cortical y fractura diagenética el porcentaje de marcas de dientes sobre especímenes diafisarios disminuye (Tabla 4.4.10). Las carcacas de tamaño pequeño y medio no muestran especímenes con marcas de dientes y las carcacas de tamaño grande muestran un único espécimen con marcas (4%) (Tabla 4.4.10). Cuando comparamos los porcentajes obtenidos para las secciones diafisarias con los modelos referenciales actuales observamos que el porcentaje está muy por debajo del rango establecido para un acceso primario de los hiénidos (Blumenschine 1988, 1995), y leones (Gidna et al., 2014) asemejándose al modelo Homínido -Carnívoro (Blumenschine 1988, 1995).

Fracturación ósea

El conjunto de BK5 se compone de 224 especímenes identificados por el tipo de fractura: en seco (30% n=94) y/o fresco (42% n= 129). La mayoría de las fracturas en seco se ubican en huesos largos con un 51% (n= 48), seguido por los axiales 32% (n= 30) y craneales 17% (n=16). Las fracturas en fresco se localizan en un 81% (n=104) sobre huesos largos, un 15% (n= 19) sobre elementos axiales y un 5% (n=

6) en craneales. Este elevado porcentaje de fracturas en fresco indica que algún agente rompió los huesos en el yacimiento generando una mayor frecuencia de especímenes con una circunferencia diafisaria del tipo 1 (n= 170), seguido de especímenes de tipo 3 (n= 18) y, finalmente, de tipo 2 (n= 10). Si comparamos los resultados con los marcos referenciales actuales podemos observar como BK5 se asemeja más al modelo de percusión documentado por Pickering y Egeland (2006) (Fig. 4.4.19) que a cualquier otro escenario alternativo.

Debido al escaso número de muescas halladas (n= 8) el análisis estadístico para determinar el posible agente de fracturación, no se ha podido llevar a cabo. Se ha documentado un único ejemplo de muesca tipo A (completa), cuatro corresponden al tipo C (solapadas) y tres al tipo B (incompletas). Sin embargo, el bajo porcentaje de marcas de dientes, la presencia de marcas de percusión y algunas lascas de impacto (n= 6) indican que la carga dinámica fue la responsable de la fragmentación de los huesos largos. No obstante, es importante hacer hincapié en que no existe una muestra experimental lo suficientemente amplia para percusión sobre huesos largos pertenecientes a tamaño grande.



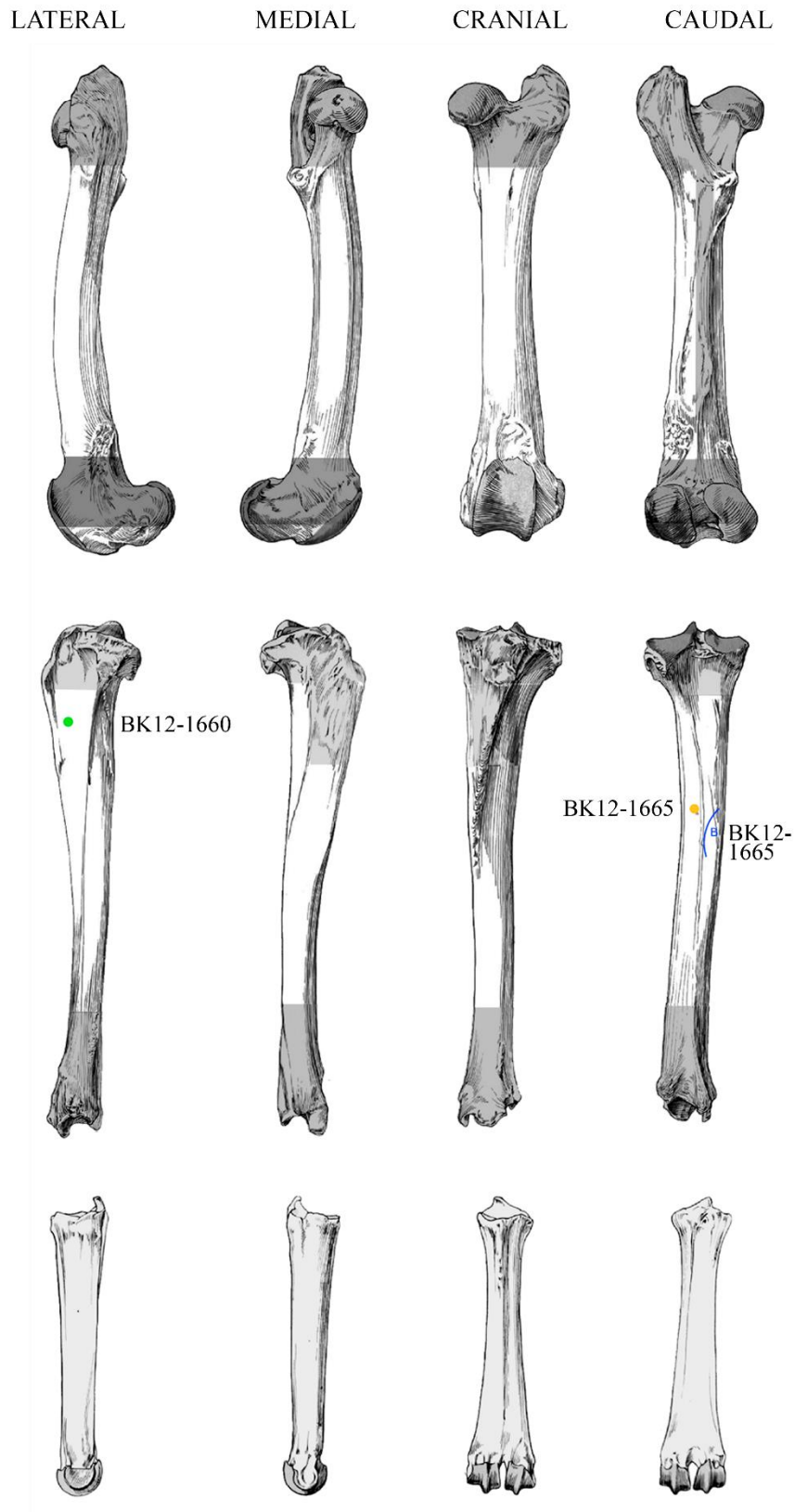


Figura 4.4.16. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño pequeño. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).

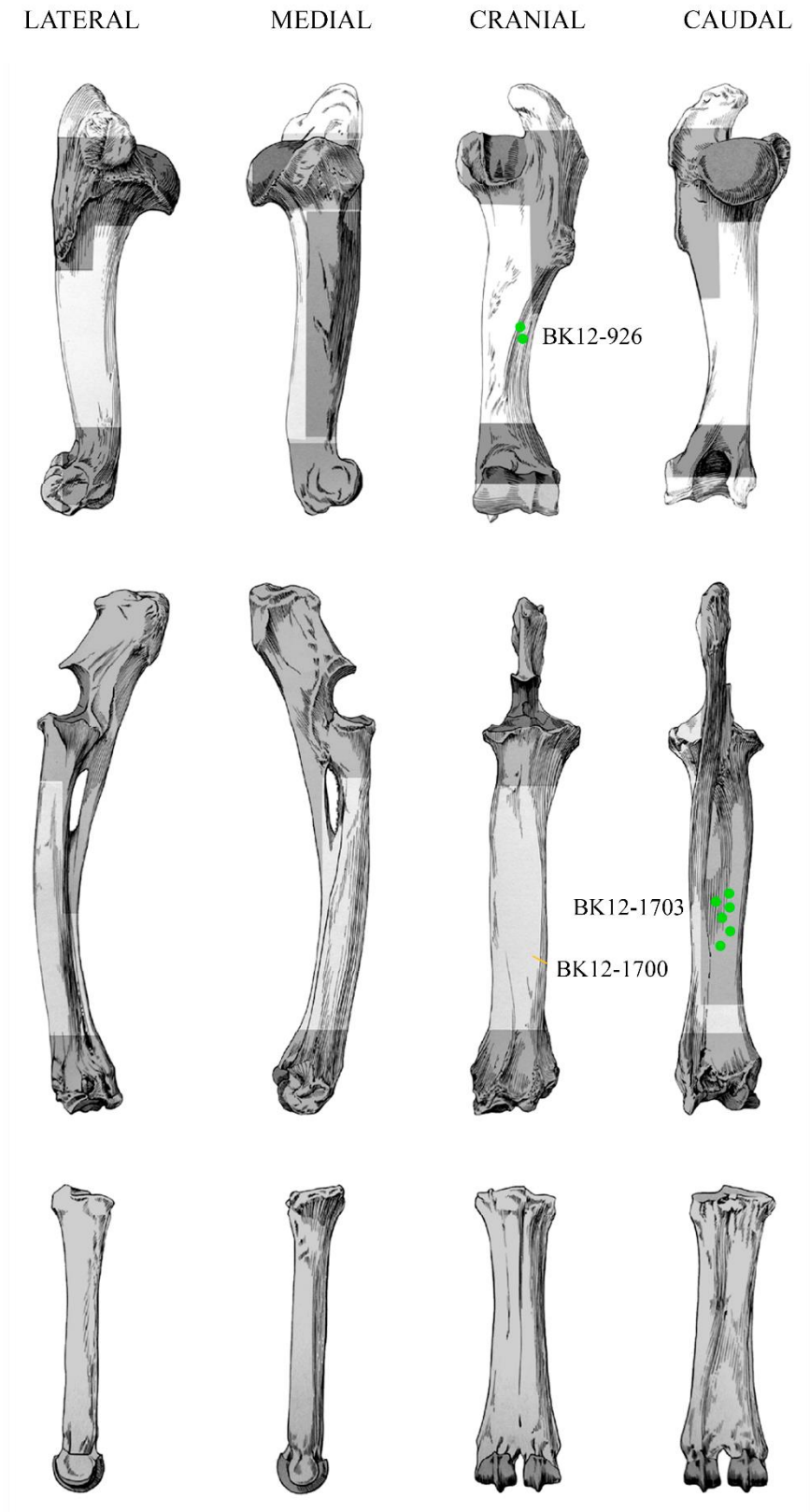
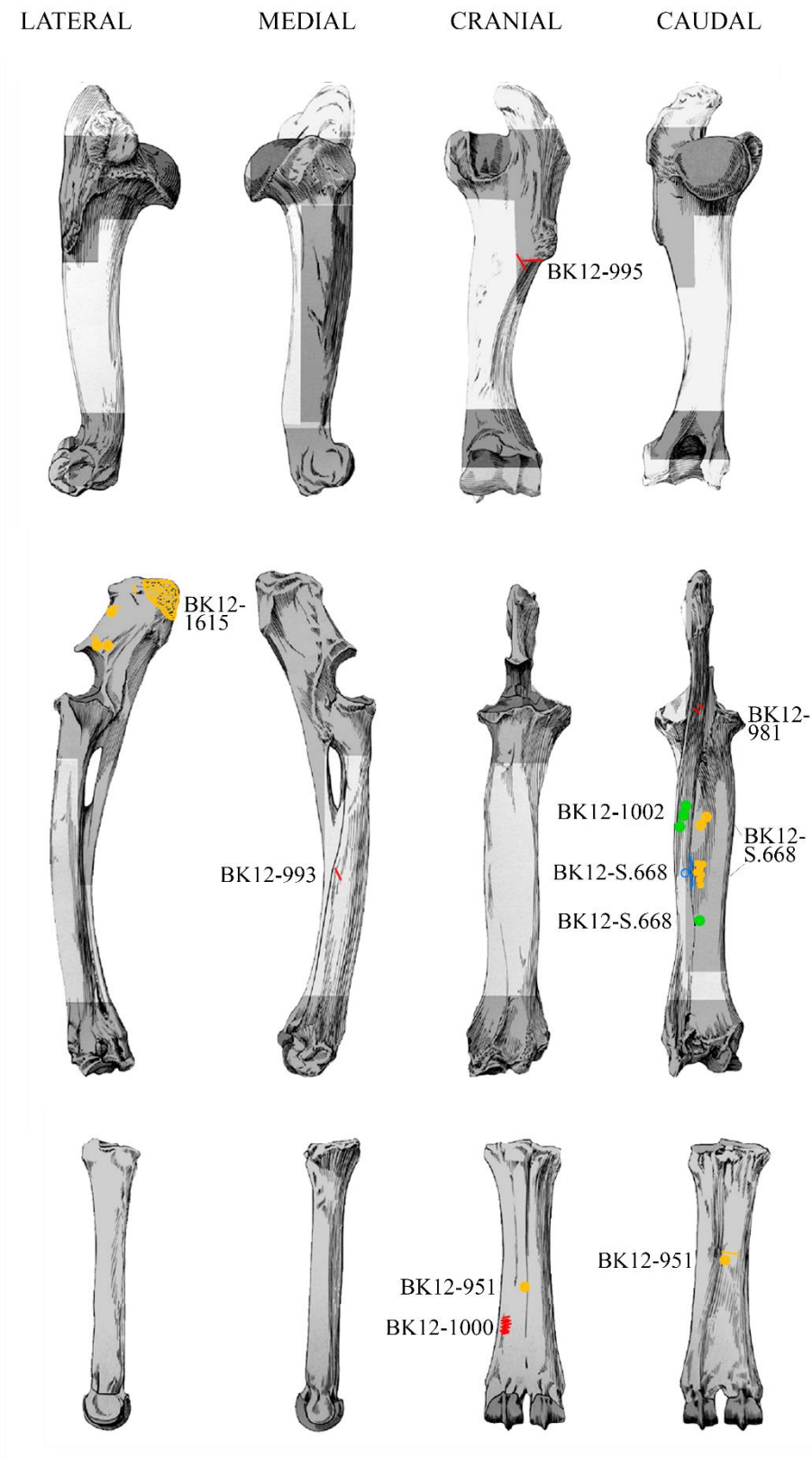




Figura 4.4.17. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcasas de tamaño mediano. Las áreas sombreadas indican las “zonas frías” del hueso (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



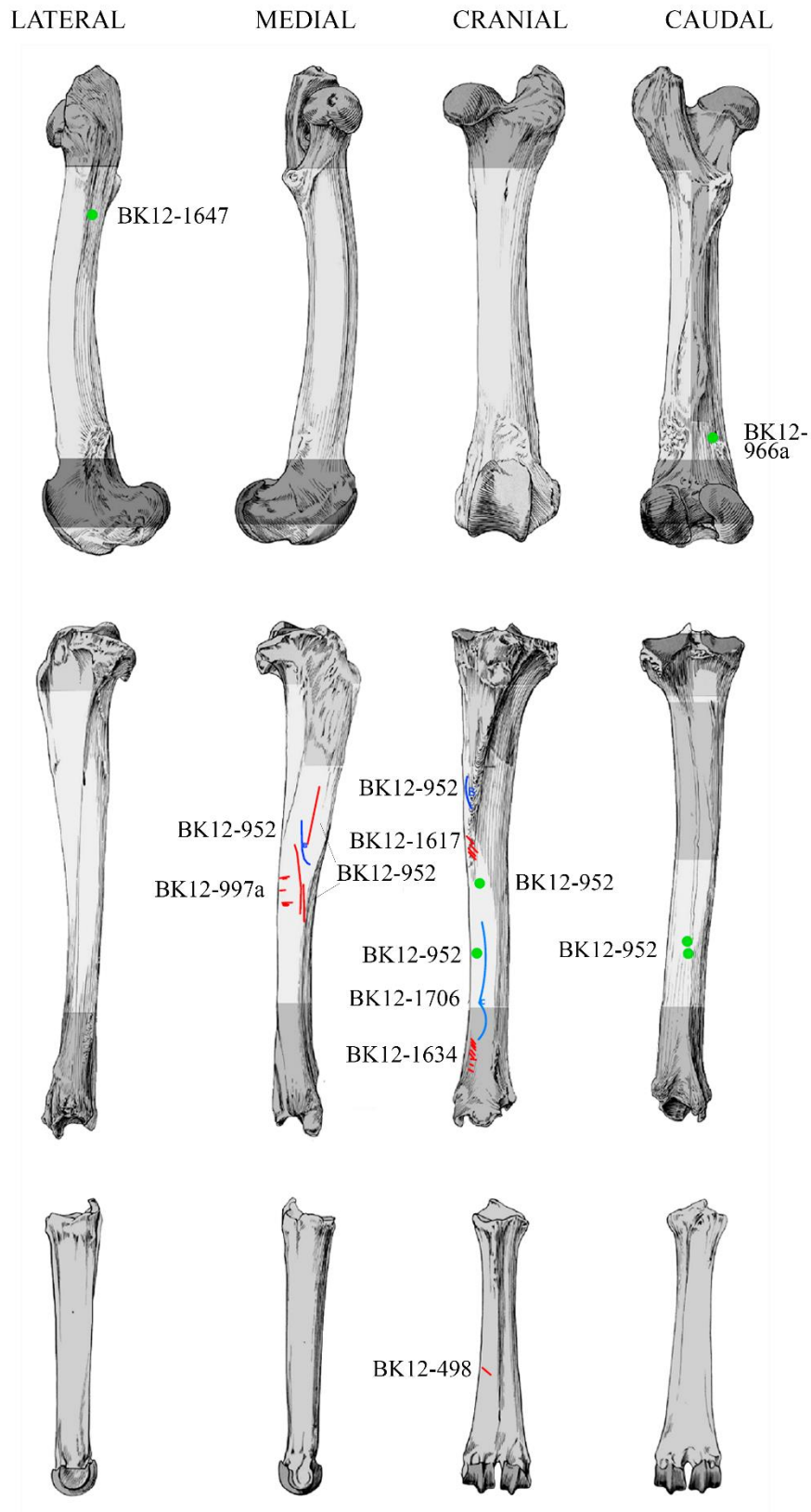


Figura 4.4.18. Distribución anatómica de las marcas de corte (rojo), percusión (verde), dientes (amarillo) y muescas (azul) documentadas sobre los huesos largos apendiculares correspondientes a carcacas de tamaño grande. Las áreas sombreadas indican las "zonas frías" del hueso (Dominguez-Rodrigo et al., 2007a). Huesos modificados a partir de Pales y Lambert (1971).



CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En BK se han excavado 5 niveles arqueológicos todos ellos preservados en un depósito fluvial de baja a moderada energía. Los niveles se encuentran dentro de un amplio canal que muestra una profundidad mínima de 4 m y una anchura de 50 m, aunque parece que hacia el oeste el canal se hace más profundo y ancho.

La distribución vertical discreta de los diferentes niveles arqueológicos sugiere una repetida ocupación del yacimiento durante breves intervalos de tiempo (Fig. 5.1). En el nivel *Pelorovis* (BK5), la evidencia de diferentes estadios de meteorización (*weathering*) y la aparición de cráneos individuales a diferentes cotas, indica que el conjunto fue resultado de varios eventos deposicionales separados en el tiempo. Este nivel se compone de al menos una muerte natural, representada por un único individuo sin modificar.

Los análisis de aleatoriedad espacial realizados determinan que todos los niveles son autóctonos. La presencia de anisotropía documentada es resultado de una reorientación local de los fósiles y no del transporte fluvial a larga distancia. Esto se ve apoyado por la elevada frecuencia de especímenes entre los 30 y 50 mm de longitud y por el bajo porcentaje de fragmentos pulidos (un máximo de 14.5%). En los casos en los que se documentan pulidos o abrasiones éstas solo afectan a alguna de las superficies óseas, pero no al

hueso completo. Esto posiblemente se debe a la lenta circulación del agua dentro de la matriz sedimentaria (Thompson et al., 2011) que fue desgastando el hueso en el propio yacimiento. El análisis tafonómico espacial no muestra diferencias en la conservación del hueso en función de su longitud o tamaño de carcasa. Los huesos con pulido y abrasión están igualmente documentados en todas las categorías de tamaño (Fig. 4.2.10 y 4.3.11). El solapamiento en la distribución espacial de los huesos con buena y mala preservación indica que la preservación diferencial en BK4ab y BK4c se debe a que los huesos autóctonos sufrieron alteraciones físico-químicas propias de la interacción del hueso y el suelo (Fernández-Jalvo 1992, Nielsen-Marsh y Hedges, 1999).

El parecido entre las modificaciones diagenéticas producidas por las condiciones geoquímicas del suelo (ej., la humedad del suelo o su pH) y la meteorización por exposición subaérea ha impedido una identificación fiable de los estadios de exposición en muchos de los restos.

El examen detallado de las muestras de cada nivel supuso el reconocimiento de 104 remontajes (ej. Fig. 5. 2) sugiriendo que la alteración postdeposicional producida por los flujos hidráulicos no fue excesiva (Schick, 1984, 1987; Johnson 1982, 1987). Sin embargo, conviene tener

en cuenta que los especímenes depositados dentro de un sustrato arcilloso tienden a estabilizarse rápidamente, ya que el sedimento impide su movimiento, facilitando su preservación en el sitio a pesar de que se produzcan fuertes corrientes de agua (Schick, 1984).



Figura 5.2. Remontaje de una epífisis distal de húmero (BK12-1304) y un extremo proximal de radio y ulna (BK12-1334a y BK12-1334b) pertenecientes a un *Sivatherium*.

Los resultados obtenidos sugieren que el agua reorganizó el conjunto y probablemente transportó los huesos más pequeños y menos densos (Voorhies, 1969). Sin embargo, la energía del proceso no fue lo

suficientemente fuerte como para transportar los huesos más grandes o alterar las propiedades espaciales originales del conjunto.

Los resultados de este trabajo indican que el canal fluvial situado a pocos metros de distancia del yacimiento no modificó de manera significativa los niveles arqueológicos de BK.

Trabajos previos realizados sobre los niveles superiores de BK (BK1, 2, 3 y 4) indican que los perfiles de partes anatómicas correspondientes a los distintos tamaños de carcasa están representados mayoritariamente por elementos craneales y apendiculares. Mientras que el esqueleto axial y los huesos compactos están infra-representados o ausentes (Domínguez-Rodrigo et al., 2009a, 2014a). Los análisis aplicados sobre los niveles de BK3b, BK4ab, BK4c y BK5 reflejan el mismo patrón que en los niveles superiores. Los cuatro niveles incluyen elementos de casi todas las partes anatómicas, pero son los elementos craneales y apendiculares los más frecuentes seguidos por escápulas y coxales, que en el caso del nivel BK5 y BK4ab muestran unas frecuencias muy elevadas. El esqueleto axial y los huesos compactos (rótula, cárpales, társales, falanges) son escasos o inexistentes. Las partes menos densas del esqueleto como son las vértebras, costillas, huesos compactos y epífisis de los huesos largos, son poco frecuentes en todos los niveles. Los perfiles esqueléticos de BK reflejan el mismo patrón que las muestras actualistas donde los carnívoros consumen las carcasas abandonadas por los homínidos (Carpaldo, 1998) (Fig. 5.3).

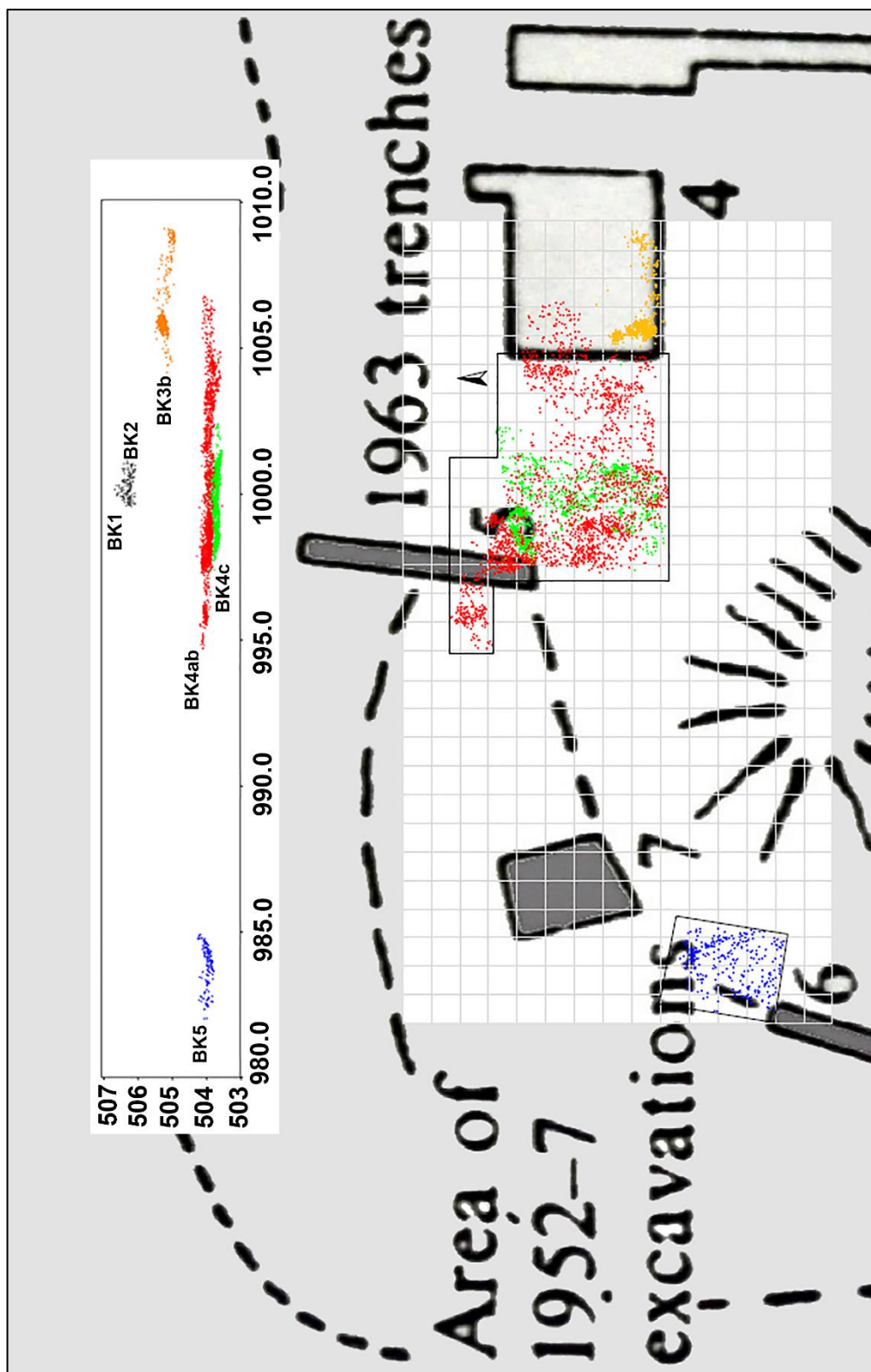


Figura 5.1. Distribución vertical y horizontal de los materiales (hueso y lítica) georeferenciados en los diferentes niveles de BK. Escala= 1/1 m².

Existe un fuerte contraste entre los perfiles de partes anatómicas documentados en el nivel *Pelorovis* (excavado por Leakey) y los obtenidos en BK (excavados por TOPPP). Este contraste se debe principalmente a la ausencia de fragmentos diafisarios en el conjunto de Leakey (posiblemente por una retención selectiva) y a la abundancia de éstos en el conjunto excavado por TOPPP. Este sesgo es importante por varias razones. Lo más significativo es que pone de relieve la importancia de utilizar los fragmentos diafisarios (Bunn y Kroll 1986, 1988; Marean y Frey, 1997; Marean y Kim 1998; Marean, 1998; Pickering et al., 2003; Yravedra y Domínguez-Rodrigo, 2009) porque:

a) los diferentes perfiles esqueléticos y su relación con los índices de utilidad alimenticia dependen de ellos.

b) todas las modificaciones de la superficie del hueso en BK se han documentado en estas secciones.

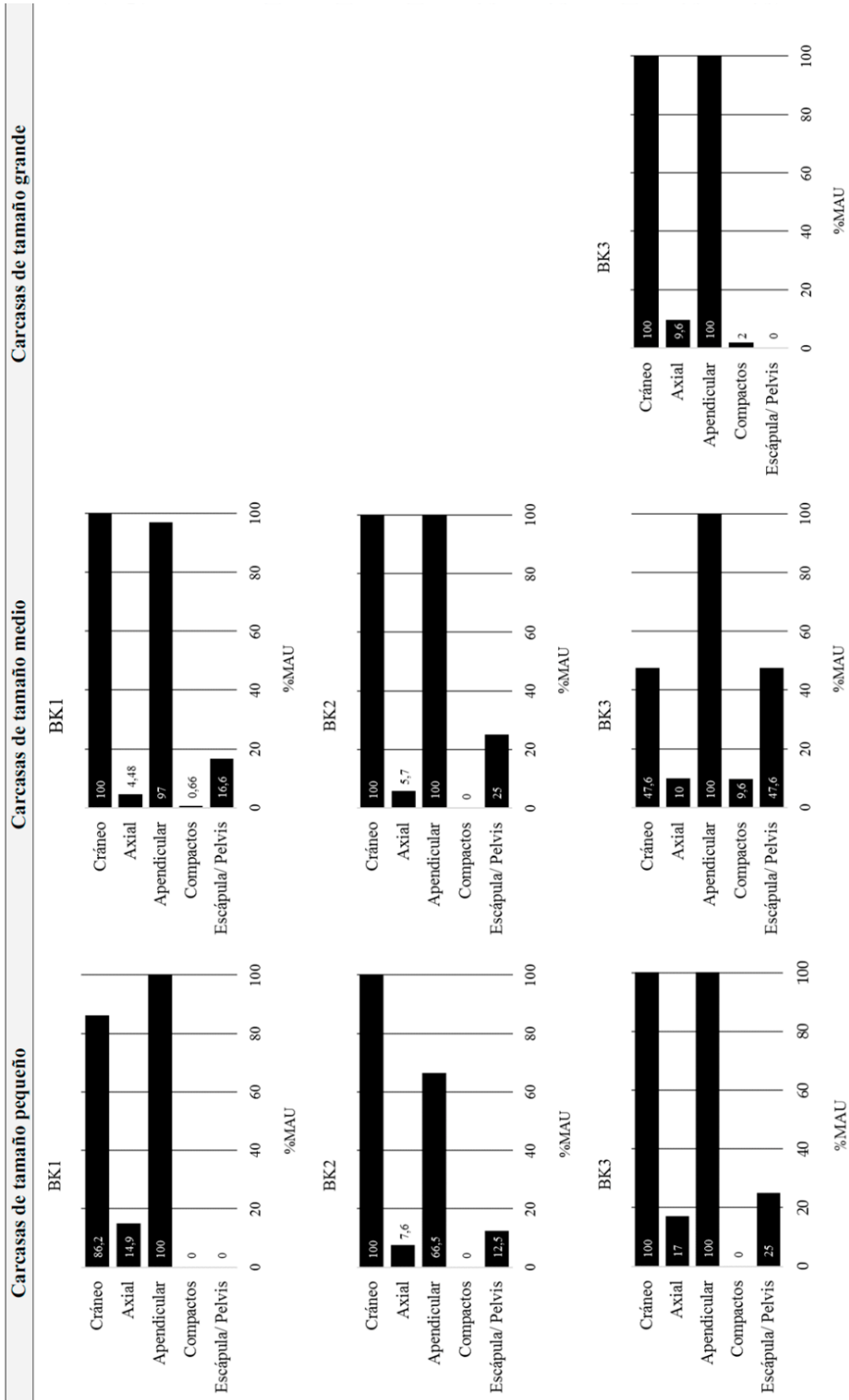
La recogida de todo el material arqueológico proporciona un medio para superar la equifinalidad presentada en varios escenarios propuestos para explicar las acumulaciones óseas y el tipo de acceso a las carcasas. En el caso del conjunto *Pelorovis* la recogida de material sin sesgos hubiese permitido determinar si la acumulación fue antrópica o natural, con o sin la intervención de los homínidos (Organista et al., 2015).

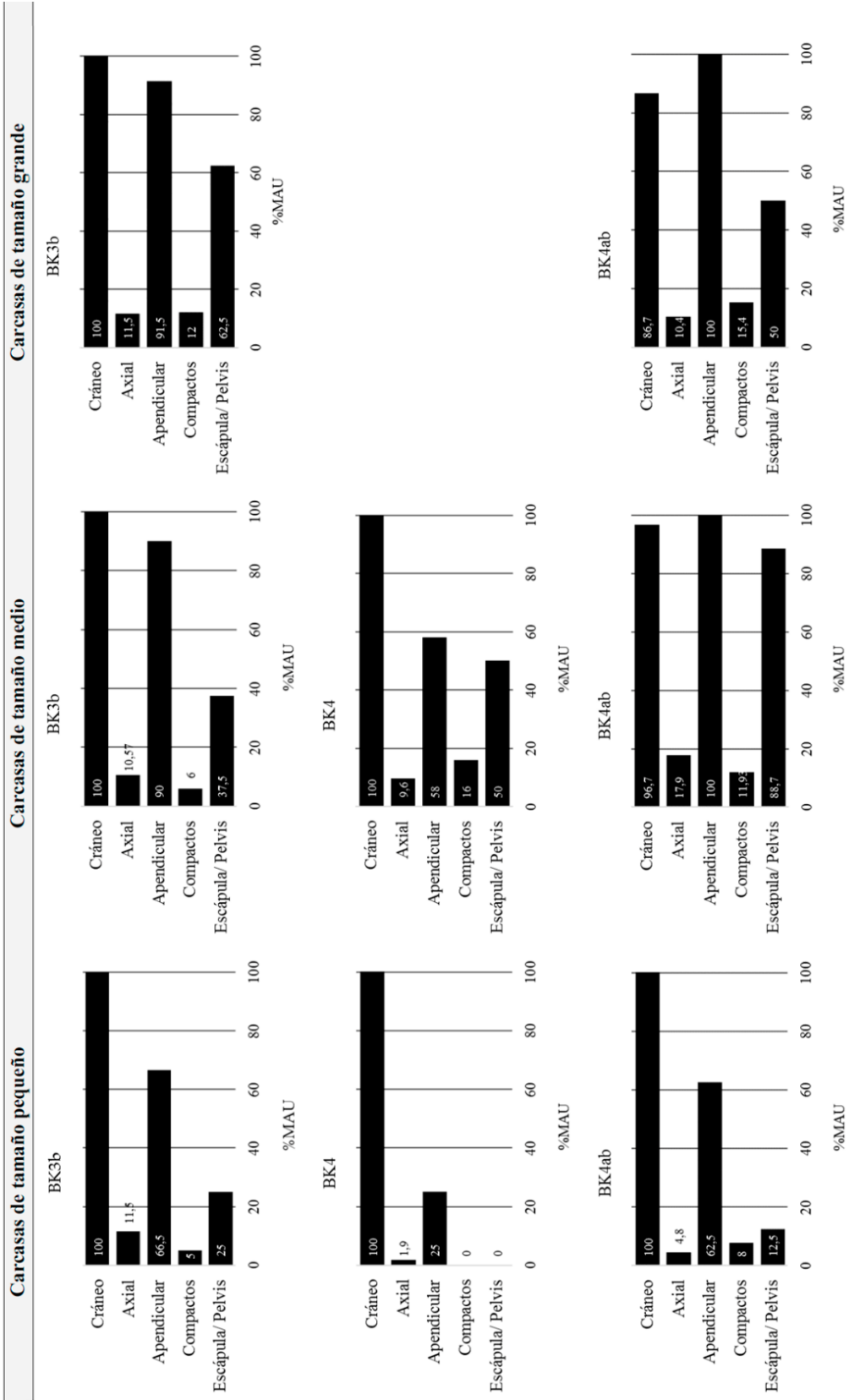
Los índices de uniformidad en las carcasas de tamaño pequeño, así como en buena parte de las carcasas de tamaño grande no son concluyentes puesto que el número de elementos es demasiado pequeño como para ser significativo (Hair et al., 2009). Solo las carcasas de tamaño medio contienen un número de elementos suficientes

como para ser indicativos. Los índices sugieren que estas carcasas no fueron transportadas a larga distancia al yacimiento, sino que fueron obtenidas en él o muy cerca de él. Excepto en el nivel BK1 donde el índice de 0.91 indica que hubo un transporte selectivo. Los índices para las carcasas de tamaño grande sugieren que en BK4ab tampoco hubo transporte selectivo a diferencia de BK4c. No obstante, hay que tener en cuenta que hay conjuntos modernos como los creados por los Hadza que muestran unos índices de 0.95 (carcasas pequeñas) y de 0.99 (carcasas grandes), a pesar de que las carcasas han sido transportadas varios kilómetros antes de ser acumuladas en el campamento (Egeland, 2007).

La regresión lineal y el análisis de Spearman indican que en todos los niveles de BK hay una ausencia de correlación significativa entre el número de unidades anatómicas y el índice de utilidad alimenticia. Sin embargo, esta inferencia depende del tamaño de la muestra y en BK el número de elementos es inferior a 100. Faith y Gordon (2007) han demostrado que los conjuntos formados por muestras inferiores a 100 pueden reflejar una falta de correlación positiva cuando realmente existe (errores de tipo II) y producir conjuntos donde la estrategia es sin restricciones o *bulk*.

La correlación entre el porcentaje de MAU y el índice de densidad ósea muestra una relación positiva para los animales de tamaño pequeño y medio de los niveles BK4ab y BK4c. Es decir, encontramos una mayor frecuencia de elementos densos en ambos niveles. La menor frecuencia de elementos de baja densidad probablemente se deba a la acción de los carnívoros y a los flujos de agua.





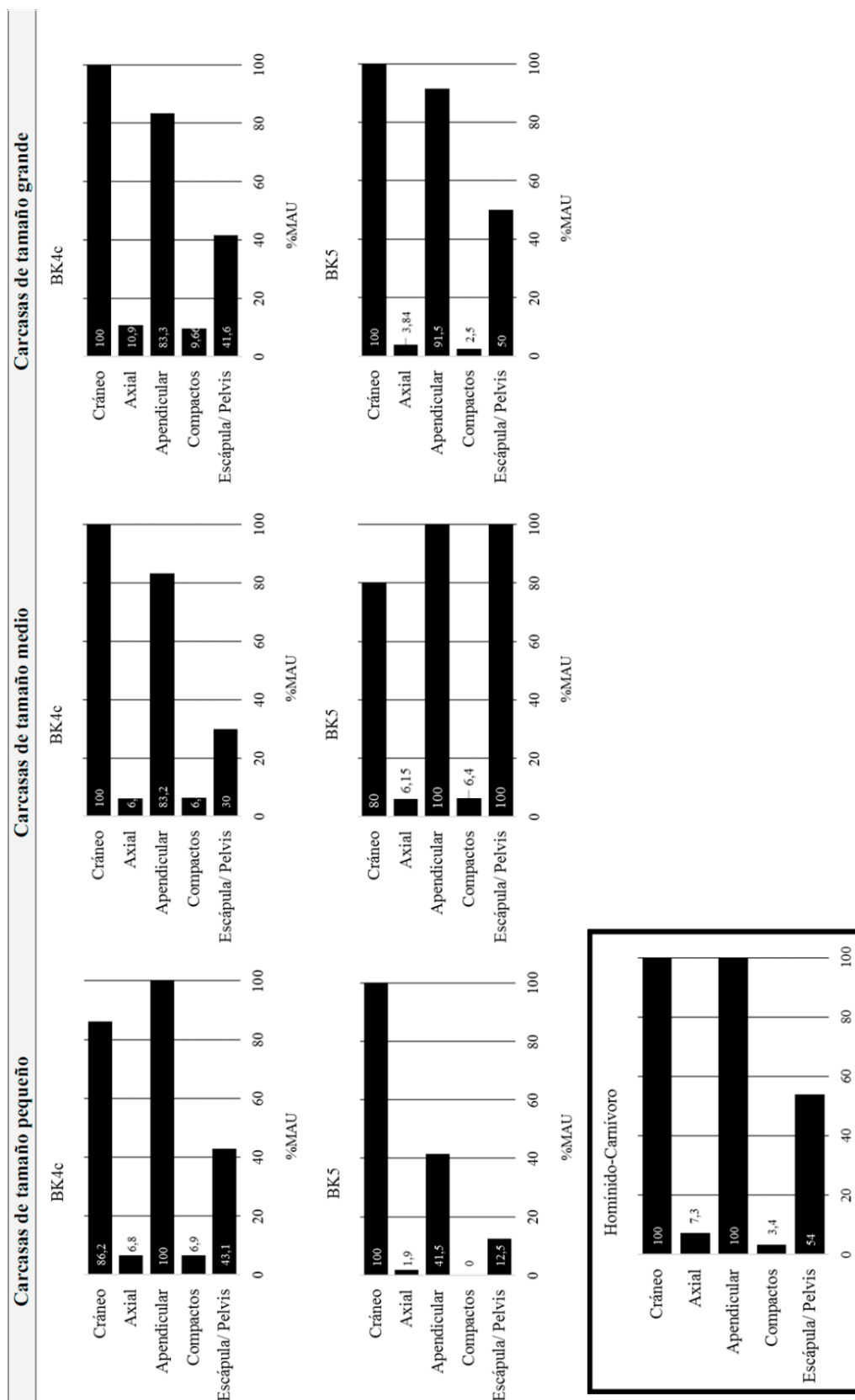


Figura 5.3. Frecuencia de partes anatómicas en función del tamaño de carcasa para cada nivel de BK. Perfil anatómico obtenido por Capaldo (1998) para el modelo Homínido-Carnívoro

En general, todos los niveles de BK muestran una buena preservación cortical favoreciendo la identificación de los diferentes tipos de marcas, si bien en BK4c y BK5 encontramos un mayor número de especímenes mal preservados.

La distribución de marcas de corte en BK refleja una mayor frecuencia de marcas sobre los huesos apendiculares, principalmente en las secciones diafisarias de los miembros superiores e intermedios. Estos elementos y secciones óseas representan

los elementos con mayor contenido cárnico, y donde la posibilidad de obtener restos de carne es improbable si los carnívoros han tenido un acceso primario a ellos (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a). La frecuencia de marcas de corte en las secciones diafisarias supera el 10% establecido como mínimo para diferenciar entre un acceso primario o secundario (Bunn, 1982; Domínguez-Rodrigo, 1997a, b; Gidna et al., 2014) (Fig.5.4) como sugieren Monahan (1996), Egeland (2007), Domínguez-Rodrigo et al., (2014a), Organista et al., (2015).

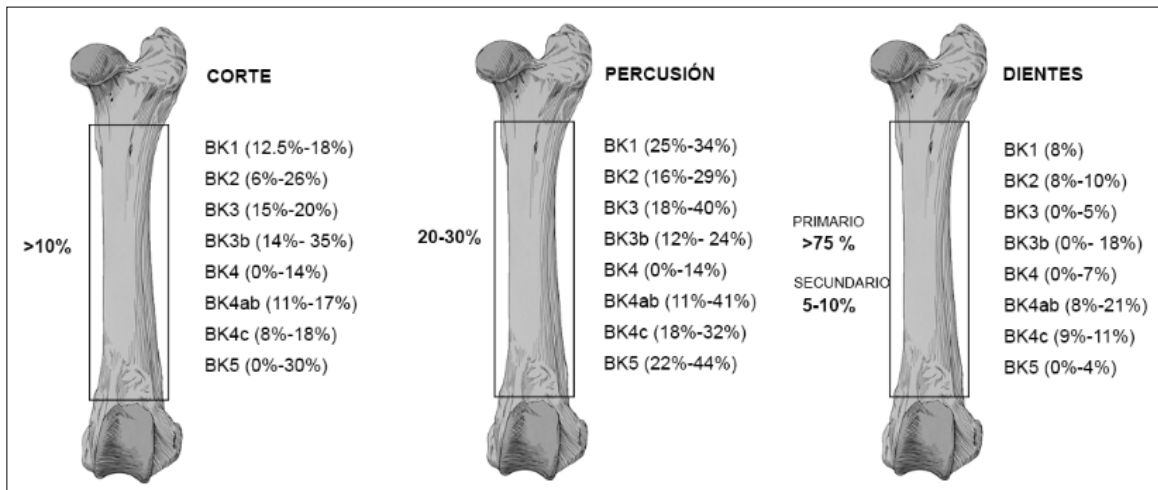


Figura 5.4. Porcentaje (mínimo y máximo teniendo en cuenta los tres tamaños de carcasa) de marcas de corte, percusión y dientes presentes en las secciones diafisarias obtenidas para cada nivel arqueológico de BK.

La presencia de marcas de corte en la superficie ventral de varias costillas revela que los homínidos evisceraron las carcasas (Fig. 5.6) (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a). Además, la documentación de varias marcas de corte sobre falanges sugiere que los homínidos estaban despellejando animales (Fig. 5.7).

Al comparar los porcentajes de marcas de corte obtenidos en BK con otros yacimientos donde el acceso primario no es discutido (Domínguez-Rodrigo e Yravedra, 2009), observamos que BK muestra unos porcentajes de marcas de corte sobre

especímenes diafisarios similares o superiores.

Las marcas de percusión están presentes en los huesos apendiculares (Fig. 5.8 y 5.9) de los tres tamaños de carcasas con una frecuencia similar a la documentada en los modelos experimentales donde los homínidos fracturan los huesos antes de que los carnívoros intervengan (Blumenschine, 1988, 1995; Capaldo, 1997).

En todos los niveles de BK se observa una mayor frecuencia de especímenes con

fractura en fresco, superando o alcanzando el 50% de cada una de las muestras (Fig. 5.10). Esto es especialmente evidente en los huesos largos apendiculares correspondientes a megafauna (Fig. 5.11). Es particularmente llamativo la manera en que los homínidos rompieron intensivamente los huesos de proboscídeo para extraer su médula. La presencia de muescas completas (Fig. 5.12) y lascas de impacto pertenecientes a todos los tamaños de carcasa apoya la interpretación de que la carga dinámica por percusión fue la principal responsable de la fragmentación de los elementos apendiculares (Fig. 5.13). Además, la elevada frecuencia de marcas de percusión y la escasez de marcas de dientes en los huesos largos apoyan esta interpretación. En el nivel BK4ab se ha documentado un patrón de fracturación producido por los homínidos sobre tibias y humeros (Fig. 5.14 y Fig. 5.15).

La baja frecuencia de marcas de dientes sugiere una limitada actividad de carnívoros en los niveles estudiados (Fig. 5.13). Los porcentajes de especímenes diafisarios con marcas de dientes caen dentro del rango o exceden los valores del modelo Homínido-Carnívoro (Blumenschine, 1988, 1995; Capaldo, 1997) y Félido-Homínido (Domínguez-Rodrigo et al., 2007b; Organista, et al., 2016). Este solapamiento, indica que el uso de las frecuencias de marca de dientes sobre especímenes diafisarios produce equifinalidad para

dos escenarios opuestos: a) acceso secundario de los homínidos a las carcasas cazadas por leones, b) acceso primario de los homínidos con un consumo posterior por los hiénidos (Organista et al., 2016). Por lo tanto, las marcas de dientes no son determinantes por si solas para inferir el comportamiento subsistencial de los homínidos, sino que solo son informativas del agente(s) que actuó sobre las carcasas (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a; Organista et al., 2016).

Determinar el tipo de carnívoro que ha actuado sobre un conjunto es posible gracias al análisis de diferentes datos; las dimensiones de las marcas del diente (ej. Andrews y Fernández-Jalvo, 1997; Domínguez-Rodrigo y Piqueras, 2003; Delaney-Rivera et al., 2009; Andrés et al., 2012), el tamaño y taxón de las carcasas (ej. Kruuk y Turner, 1967), el nivel de destrucción ósea (ej. Brain 1981; Domínguez-Rodrigo et al., 2007b; 2015) o la frecuencia y localización de las marcas de dientes (ej. Domínguez-Rodrigo, 1997; Domínguez-Rodrigo et al., 2007b; Gidna et al., 2014; Organista et al., 2016). No obstante, las dimensiones de las marcas han resultado tener un gran solapamiento entre carnívoros dificultando su identificación (Domínguez-Rodrigo y Piqueras 2003).

El análisis de los tafotipos ha permitido inferir las posibles interacciones entre los homínidos y tres tipos de carnívoros, leones, hiénidos y chacales (Domínguez-Rodrigo et al., 2015). La aplicación de este



Figura 5.5. Fémur con marca de corte perteneciente a un animal de tamaño 5 (probablemente *Sivatherium*) (BK10-4371b).



Figura 5.6. Fragmentos de costilla con marcas de corte (BK10-3351;.)

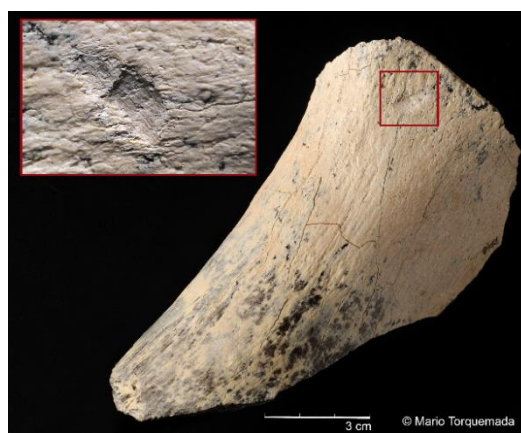


Figura 5.8. Fragmento de húmero (BK11-7548) con marca de percusión correspondiente a un animal de tamaño 5 (Bunn, 1982).



Figura 5.7. Marcas de corte sobre la primera falange de un bóvido de tamaño 3a (BK12-881; BK12-882; BK12-883).

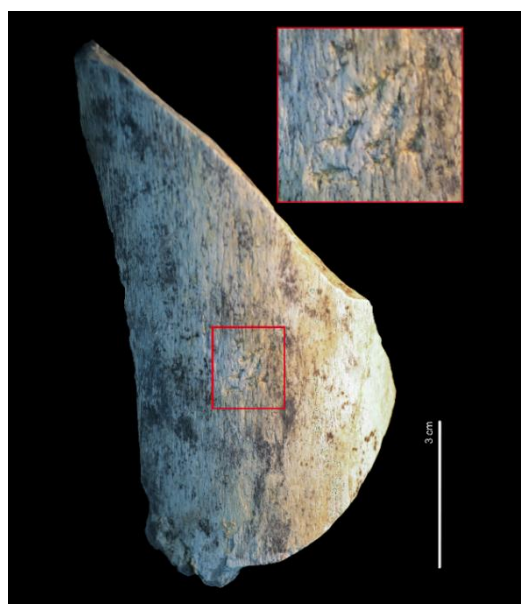


Figura 5.9. Marcas de percusión realizadas con un percutor modificado sobre la diáfisis de un fémur de tamaño 4 (BK12-1276).



Figura 5.10. Fragmentos diafisarios con fractura en fresco mostrando el tipo 1 de circunferencia diafisaria (Bunn, 1982)



Figura 5.11. Fragmentos diafisarios con fracturas en fresco correspondientes a megafauna.



Figura 5.12. Ejemplo de los tipos de muesca documentados en BK.



Figura 5.13. Lascas de impacto correspondientes a carcasas de diferentes tamaños. Foto: Mario Torquemada.



Figura 5.13. Costilla de un animal de tamaño medio con marca de diente (BK11-7295).



Figura 5.14. Patrón de fracturación documentado sobre tibias de équido y bóvido en BK4ab.

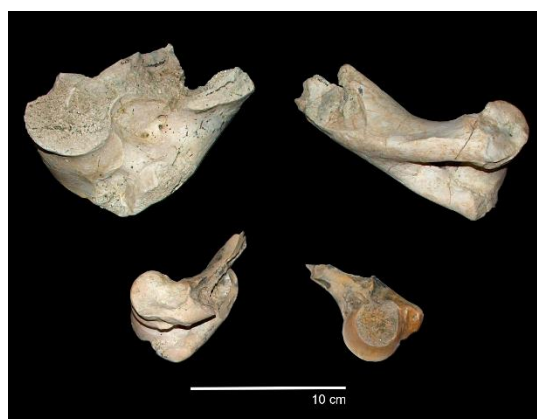


Figura 5.15. Patrón de fracturación documentado sobre humeros pertenecientes a animales de diferente tamaño.

método sobre las carcadas de tamaño medio en BK4ab y BK4c, revela que el conjunto se asemeja más a un campamento humano (indicando el origen antrópico del conjunto) donde los carnívoros como los chacales o las hienas actuaron tras el abandono de los homínidos (Domínguez-Rodrigo et al., 2015).

El acceso primario y secundario a los cadáveres por parte de los homínidos produce diferentes asociaciones de frecuencias de marcas de corte, diente y percusión, que son diagnósticas del tipo de ac-

ceso. Este tipo de relaciones solo se pueden detectar cuando se analizan simultáneamente las distintas marcas dentro de un marco integrado y en referencia a diferentes modelos experimentales: (F-H) Félido-Homínido (Gidna, et al., 2014); (F-H-H) Félido-Homínido-Hiénido (Domínguez-Rodrigo, 1997a, b), y Homínido-Carnívoro (H-C) (Domínguez-Rodrigo, 1997b, Pante et al., 2012 y Gidna et al., 2014). Se utilizó el análisis discriminante lineal múltiple (MDA) para diferenciar entre grupos experimentales distintos y para clasificar los datos de BK en consecuencia.

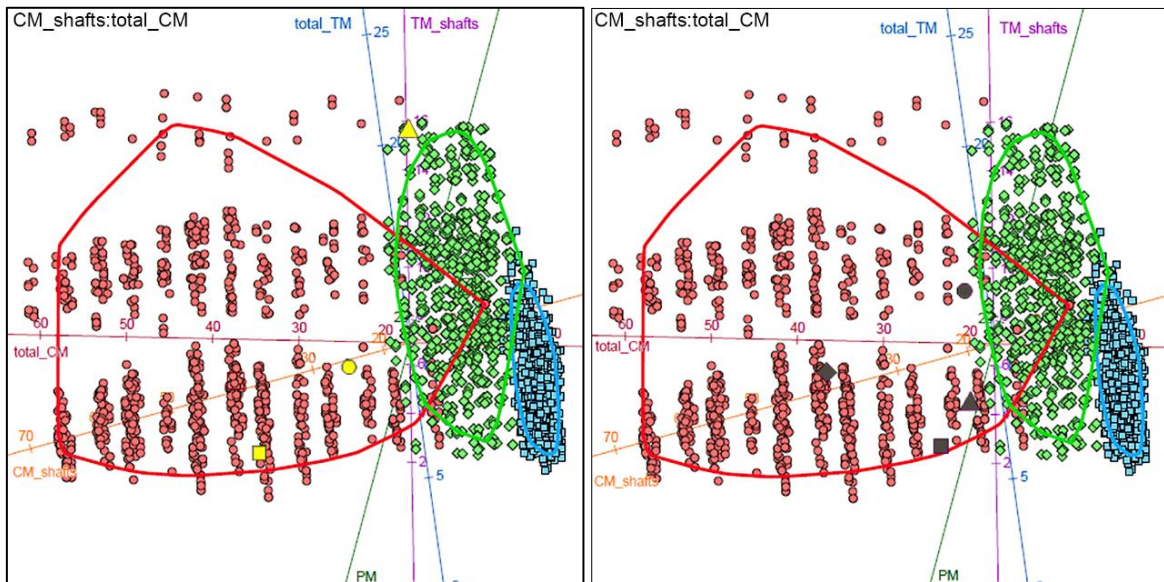


Figura 5.16. Análisis discriminante múltiple sobre la muestra de varios conjuntos experimentales *bootstrap* que representan: un acceso primario a carcadas descarnadas con herramientas de piedra reproduciendo el modelo H-C (rojo), un acceso secundario a carcadas variablemente descarnadas por félidos y aprovechadas posteriormente por homínidos e hiénidos, reproduciendo el modelo F-H-H (verde), y un acceso secundario a carcadas descarnadas por félidos y carroñeadas por homínidos representando el modelo F-H (azul). Las marcas de corte aparecen como las variables más discriminantes. Nótese cómo la ubicación de los conjuntos de tamaño medio (amarillo) en BK (■= BK3b; ▲= BK4ab; ●= BK4c) representan el modelo Homínido -Carnívoro excepto en BK4ab que se localiza más próximo al modelo F-H-H. Los conjuntos de tamaño grande (negro) en BK (■= BK3b; ▲= BK4ab; ●= BK4c; ◆= BK5) representan el modelo Homínido -Carnívoro.

Se ha seleccionado este tipo de análisis estadístico debido a que el análisis discriminante multivariante (MDA) maximiza la varianza entre grupos y por lo tanto permite la discriminación de los factores más

fácilmente. El test produce una solución de dos dimensiones que explican el 99.9% de la varianza de la muestra. La primera dimensión explica el 90% de la varianza y está determinada por dos variables: el total

de marcas de corte sobre todas las porciones óseas y la frecuencia de marcas de corte sobre las secciones diafisarias con respecto al total de especímenes con marcas de corte (valores: 0.073 y 0.041 respectivamente). La selección de esta última variable se debe a que ha resultado ser el mejor estimador de la frecuencia de marcas de corte probablemente por su mejor preservación en comparación con otros elementos y secciones que se ven más afectados por la fragmentación y el consumo por carnívoros (Domínguez-Rodrigo e Yravedra, 2009). La segunda dimensión está determinada por la frecuencia de marcas de dientes (valores: 0.203 y 0.117). Las marcas de percusión son las menos discriminatorias de los tres tipos de modificación ósea. La matriz de confusión muestra que el MDA clasifica correctamente el 86.4% de la muestra. Cuando se interpolan los datos de las carcacas de tamaño medio y grande en el test MDA, observamos como la mayoría de los niveles de BK caen dentro del área de confianza del 95% de un acceso primario (Fig. 5.16). El nivel BK4ab se localiza fuera de los tres intervalos de confianza, aunque se aproxima más al modelo F-H-H.

Los resultados apoyan la hipótesis de que BK funcionó como un lugar seleccionado conscientemente por los homínidos para llevar a cabo actividades específicas, generando una gran acumulación de materiales líticos y restos óseos. El yacimiento de BK se erige como uno de los dos yacimientos (el otro es FLK Zinj, localizado en el lecho I (Domínguez-Rodrigo et al., 2007a)) de la garganta de Olduvai, con una cronología superior al millón de años, donde se ha demostrado un origen principalmente antropogénico.

La interpretación de un acceso temprano de los homínidos a carcacas de gran tamaño, ha sido demostrada con anterioridad en otros yacimientos del Pleistoceno inferior por ej. FxJj50 (Bunn, 1980), El-Kherba (Sanhouni et al., 2013) y Río Omo (Bunn, 1994, 1997). En la garganta de Olduvai el registro arqueológico muestra una limitada evidencia tafonómica de manipulación de megafauna por los homínidos durante la mayor parte del lecho I y lecho II inferior (Domínguez-Rodrigo et al., 2014a). Esta situación cambia a partir del lecho II superior, momento en el que se produce la explotación sistemática de megafauna documentada a través de la secuencia estratigráfica de BK. Los *Pelorovis* recuperados por Louis Leakey en BK5 pueden ser resultado de la participación activa de los homínidos en la adquisición de carcacas. Sin embargo, no se puede descartar que sean el resultado de la muerte natural y reiterada en un mismo lugar y durante un periodo de tiempo prolongado (actualmente estas alternativas son difíciles de probar).

En cualquiera de ambos casos, los homínidos parecen haber tenido un acceso temprano a los restos de megafauna. Esto implica una posición en la escala trófica elevada, ya que dado los múltiples eventos deposicionales (representados por tantos individuos de megafauna), uno podría esperar alternancia entre homínidos y carnívoros en el acceso primario a los restos. Sin embargo, la información tafonómica documentada revela, que los homínidos tuvieron un acceso temprano a los restos de manera regular.

La secuencia de niveles arqueológicos en BK representa una dinámica trófica local única ya que en la actualidad no existen en África acumulaciones naturales de fauna

que muestren la misma diversidad taxonómica o elementos esqueléticos por taxón como los documentados en este yacimiento. Se podría argumentar que el entorno del yacimiento contenía recursos excepcionales que atrajeron a numerosos animales, entre ellos los homínidos. Teniendo en cuenta que la ubicación del yacimiento se encuentra cerca de un río, el agua podría haber sido uno de estos recursos. Sin embargo, se han documentado varios canales de río con la misma cronolo-

gía como son PLK, WK, o HK y no contienen las acumulaciones óseas halladas en BK.

Las características físicas de *Homo erectus*, con un cuerpo más grande y robusto (Sorensen y Leonard 2001), implicaría fuertes demandas energéticas que sólo podrían ser satisfechas a través del consumo de carne (Domínguez-Rodrigo et al, 2014a). La obtención y explotación reiterada de individuos de tamaño grande en BK es por lo tanto única sugiriendo una conducta cooperativa.

	Carcasas de tamaño Pequeño			Carcasas de tamaño Mediano			Carcasas de tamaño Grande		
	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión	Dientes	Corte	Percusión
Número total de especímenes con marcas	BK3b 6/102 6%	17/102 17%	2/102 2%	10/401 2%	62/401 15%	27/401 7%	5/171 3%	11/171 6%	5/171 3%
	BK4a-b 6/99 6%	5/99 5%	4/99 4%	29/437 7%	24/437 5%	24/437 5%	15/552 2.7%	18/552 3%	31/552 6%
	BK4c 2/76 3%	3/76 4%	3/76 4%	4/205 2%	7/205 3%	9/205 4%	10/313 3%	8/313 3%	12/313 4%
	BK5 1/33 3%	0/33 0%	2/33 6%	4/77 5%	1/77 1%	2/77 3%	8/125 6%	12/125 10%	9/125 7%
Número total de especímenes bien preservados con marcas	BK3b 6/65 10%	17/65 26%	2/65 3%	10/224 4%	62/224 28%	27/224 12%	5/69 7%	11/69 16%	5/69 7%
	BK4a-b 6/59 10%	5/59 8%	4/59 7%	27/255 10.5%	20/255 8%	23/255 9%	9/223 4%	15/223 7%	30/223 13%
	BK4c 2/37 5%	3/37 8%	3/37 8%	4/102 4%	7/102 7%	9/102 9%	10/91 11%	8/91 9%	12/91 13%
	BK5 1/17 6%	0/17 0%	2/17 12%	3/38 8%	0/38 0%	2/38 5%	6/41 15%	9/41 22%	6/41 15%
Número total de especímenes bien preservados con marcas y corregido por fractura en seco	BK3b 6/52 11.5%	17/52 33%	2/52 4%	10/180 5.5%	62/180 34%	27/180 15%	5/51 10%	11/51 21.5%	5/51 10%
	BK4a-b 6/46.5 13%	5/46.5 11%	4/46.5 9%	27/214.5 12.5%	20/214.5 9%	23/214.5 11%	9/177.5 5%	15/177.5 8%	30/177.5 17%
	BK4c 2/27 7%	3/27 11%	3/27 11%	4/91 4%	7/91 8%	9/91 10%	10/84 12%	8/84 10%	12/84 14%
	BK5 1/13 8%	0/13 0%	2/13 15%	3/32.5 9%	0/32.5 0%	2/32.5 6%	6/37 16%	9/37 24%	6/37 16%
Número total de especímenes apendiculares con marcas	BK3b 3/42 7%	6/42 14%	2/42 5%	4/186 2%	31/186 17%	23/186 12%	1/75 1%	3/75 4%	5/75 7%
	BK4a-b 3/53 6%	3/53 6%	2/53 4%	21/195 11%	13/195 7%	20/195 10%	7/223 3%	13/223 6%	29/223 13%
	BK4c 2/49 4%	3/49 6%	3/49 6%	3/84 4%	4/84 5%	9/84 11%	5/165 3%	6/165 4%	10/165 6%
	BK5 1/23 4%	0/23 0%	2/23 9%	1/40 3%	1/40 3%	2/40 5%	3/72 4%	9/72 12.5%	7/72 10%
Número total de especímenes apendiculares bien preservados con marcas	BK3b 3/21 14%	3/21 14%	2/21 9.5%	4/116 3%	31/116 27%	23/116 20%	1/29 3%	3/29 10%	5/29 17%
	BK4a-b 3/26 11%	3/26 11%	2/26 8%	19/99 19%	12/99 12%	20/99 20%	5/88 5.6%	11/88 13%	28/88 32%
	BK4c 2/18 11%	3/18 17%	3/18 17%	3/37 8%	4/37 11%	9/37 24%	5/47 11%	6/47 13%	10/47 21%
	BK5 0/8 0%	0/8 0%	2/8 25%	1/13 8%	0/13 0%	2/13 15%	2/25 8%	7/25 28%	5/25 20%
Número total de especímenes apendiculares bien preservados con marcas y corregido por fractura en seco	BK3b 3/18 17%	3/18 17%	2/18 11%	4/98 4%	31/98 32%	23/98 23%	1/23 4%	3/23 13%	5/23 22%
	BK4a-b 3/21 14%	3/21 14%	2/21 9%	19/80.5 24%	12/80.5 15%	20/80.5 25%	5/72 7%	11/72 15%	28/72 39%
	BK4c 2/13 15%	3/13 23%	3/13 23%	3/35 9%	4/35 11%	9/35 26%	5/43 12%	6/43 14%	10/43 23%
	BK5 0/6 0%	0/6 0%	2/6 33%	1/11.5 9%	0/11.5 0%	2/11.5 17%	2/24 8%	7/24 29%	5/24 21%
Número total de especímenes diafi-sarios con marcas	BK3b 3/37 8%	6/37 16%	2/37 5%	3/164 2%	26/164 16%	20/164 12%	0/63 0%	3/63 5%	5/63 8%
	BK4a-b 2/43 5%	3/43 7%	2/43 5%	14/161 9%	8/161 5%	18/161 11%	7/192 4%	10/192 5%	27/192 14%
	BK4c 1/36 3%	2/36 6%	2/36 6%	3/71 4%	4/71 6%	9/71 13%	4/146 3%	3/146 2%	10/146 7%
	BK5 1/20 5%	0/20 0%	2/20 10%	0/29 0%	1/29 3%	2/29 7%	1/66 2%	9/66 14%	7/66 11%
Número total de especímenes diafi-sarios bien preservados con marcas	BK3b 3/19 16%	6/19 31.5%	2/19 10.5%	3/104 3%	26/104 25%	20/104 19%	0/27 0%	3/27 11%	5/27 18.5%
	BK4a-b 2/22 9%	3/22 14%	2/22 9%	13/77 17%	7/77 9%	18/77 23%	5/77 6.4%	8/77 10%	26/77 34%
	BK4c 1/14 7%	2/14 14%	2/14 14%	3/29 10%	4/29 14%	9/29 31%	4/39 10%	3/39 8%	10/39 26%
	BK5 0/6 0%	0/6 0%	2/6 33%	0/10 0%	0/10 0%	2/10 20%	1/24 4%	7/24 29%	5/24 21%
Número total de especímenes diafi-sarios bien preservados con y con fractura en seco	BK3b 3/17 18%	6/17 35%	2/17 12%	3/89 3%	26/89 29%	20/89 22%	0/21 0%	3/21 14%	5/21 24%
	BK4a-b 2/17.5 11%	3/17.5 17%	2/17.5 11%	13/63 21%	7/63 11%	18/63 29%	5/63 8%	8/63 13%	26/63 41%
	BK4c 1/11 9%	2/11 18%	2/11 18%	3/28 11%	4/28 14%	9/28 32%	4/36 11%	3/36 8%	10/36 18%
	BK5 0/4.5 0%	0/4.5 0%	2/4.5 44%	0/8.5 0%	0/8.5 0%	2/8.5 24%	1/23 4%	7/23 30%	5/23 22%

Tabla 5.1. Frecuencia de modificaciones sobre la superficie ósea en los diferentes niveles de BK, según el tamaño de carcasa. Frecuencias obtenidas para el total del conjunto, la muestra bien conservada y la muestra corregida por fractura en seco.



CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES

La excavación en extensión y los métodos de documentación aplicados en BK amplían la información disponible anteriormente, ofreciendo una resolución más detallada de los procesos de formación del yacimiento. La distribución vertical discreta ha permitido documentar varios niveles arqueológicos que sugieren una ocupación reiterada del yacimiento durante breves periodos de tiempo, aunque en algunos casos, como en el nivel 4ab, los cientos de kilos de materia prima acumulada sugieren una presencia más prolongada. Por otro lado, la distribución horizontal de los materiales ha ofrecido una aproximación a las actividades desarrolladas por los homínidos dentro del yacimiento como atestiguan la gran cantidad de material lítico y la presencia de yunques (Diez Martín et al., 2009).

El contexto sedimentológico de BK indica que se trata de un depósito fluvial de baja a media energía, donde las alteraciones producidas por los flujos de agua se limitan a:

- 1) una reorganización de los materiales produciendo anisotropía, aunque la mayoría de los materiales se encuentran *in situ*.
- 2) un posible transporte de los fragmentos más pequeños y menos densos.
- 3) una modificación físico-química de los huesos como resultado de la constante circulación del agua a través de una matriz de arenas.

El material faunístico de los niveles arqueológicos analizados en el presente estudio confirma la interpretación realizada

por otros investigadores (Monahan 1996, Egeland, 2007, Domínguez-Rodrigo 2009a, 2014a, Organista et al., 2015). BK se manifiesta como un escenario de homínido-carnívoro, donde los homínidos procesaron de forma recurrente las carcasas que posteriormente fueron aprovechadas por los carnívoros.

Los homínidos, obtuvieron, transportaron y procesaron en este lugar animales de diferentes tamaños y taxones como gacelas, antílopes, búfalos, suidos, équidos, jiráfidos, proboscídeos, etc. Esta diversidad faunística pone de relieve la importancia del sitio tanto para los homínidos como para el resto de animales.

El estudio tafonómico de BK proporciona evidencia convincente sobre la acumulación y explotación sistemática de animales de diferentes tamaños y taxones. La frecuencia y distribución de marcas de corte y percusión sobre especímenes correspondientes a animales de tamaño grande sugiere que los homínidos tuvieron acceso a grandes cantidades de carne y médula ósea. El aprovechamiento de estos recursos por los homínidos del Pleistoceno inferior pone de relieve la importancia que tuvo la carne en la supervivencia de nuestros antepasados.

La mayor relevancia de este trabajo de tesis doctoral puede encontrarse en que documenta como las poblaciones de *Homo ergaster/ erectus* hace 1.35 Ma. consumían grandes cantidades de carne, en especial de varios individuos de más de una tonelada de peso. Esto implicaría que los

grupos de estos homínidos en este momento ya serían grandes. Solo esto explicaría el aprovechamiento completo de megafauna a la cual se tuvo acceso de manera temprana. Esta conclusión también ayudaría a explicar por qué las dimensiones de yacimientos como BK son varias veces mayor (distribución horizontal) que cualquiera de los yacimientos antrópicos olduvayenses documentados hasta la fecha. El

aumento de tamaño de los grupos humanos en este momento debe hacernos reflexionar sobre la organización social y reproductiva de *H. ergaster/erectus*, que en 1.35 Ma. marca profundas diferencias con la anterior etapa evolutiva de Homo. Sobre esta cuestión, en futuros estudios, deberán aplicarse análisis de organización espacial de yacimientos achelenses con evidencia de consumo de animales.

REFERENCIAS

- Alcalá, L., 1994. Macromamíferos neógenos de la fosa Alfambra-Teruel. Instituto de Estudios Turolenses, Zaragoza.
- Alcántara García, V., Barba, R., Barral del Pino, J.M., Crespo Ruiz, A.B., Eiriz Vidal, A.I., Falquina Aparicio, A., Herrero Calleja, S., Ibara Jiménez, A., Megías González, M., Pérez Gil, M., Pérez Tello, V., Rolland Calvo, J., Yravedra Sáinz de los Terreros, J., Vidal, A., Domínguez-Rodrigo, M., 2006. Determinación de procesos de fractura sobre huesos frescos: un sistema de análisis de los ángulos de los planos de fracturación como discriminar de agentes bióticos. *Trabajos de Prehistoria* 63, 25-38.
- Andrés, M., Gidna, A.O., Yravedra, J., Domínguez-Rodrigo, M. 2012. A study of dimensional differences of tooth marks (pits and scores) on bones modified by small and large carnivores. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 4(3), 209-219.
- Andrews, P., 1990. *Owls, caves and fossils*. Chicago: University of Chicago Press.
- Andrews, P., Cook, J., 1985. Natural modifications to bones in a temperate setting. *Man* 20: 675-691.
- Andrews, P., y Jalvo, Y.F., 1997. Surface modifications of the Sima de los Huesos fossil humans. *Journal of Human Evolution*, 33(2), 191-217.
- Aslan, A., Behrensmeyer, A.K., 1996. Taphonomy and Time Resolution of Bone Assemblages in a Contemporary Fluvial System: The East Fork River. *Palaios*. 11 (5):411-421.
- Baddeley, A., Turner, R., 2005. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. *Journal of Statistical Software*, 12 (6):1-42. URL: www.jstatsoft.org, ISSN: 1548-7660.
- Badgley, C., 1986a. Counting Individuals in Mammalian Fossil Assemblages from Fluvial Environments. *Palaios*. 1 (3):328-338.
- Badgley, C., 1986b. Taphonomy of Mammalian Fossil Remains from Siwalik Rocks of Pakistan. *Paleobiology*. (12):119-142.
- Badgley, C., Behrensmeyer, A.K., 1980. Paleoecology of Middle Siwalik Sediments and Faunas, North Pakistan. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. (30):133-155.
- Barba, R., Domínguez-Rodrigo, M., 2005. The taphonomic relevance of the analysis of bovid long limb bone shaft features and their application to element identification: study of bone thickness and morphology of the medullary cavity. *Journal of Taphonomy* (3):17-42.

- Barba, R., Domínguez-Rodrigo, M., 2008. A new taphonomic approach to the study of cut marks for the hunting-and-scavenging debate in Early African sites and its application to the FLK Zinj (Olduvai Gorge, Tanzania). *Complutum*, Vol. 19 (1): 9-24.
- Behrensmeier, 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 (10):473-578.
- Behrensmeier, A.K., 1978. Taphonomic and Ecologic Information from Bone Weathering. *Paleobiology* 4 (2):150-162.
- Behrensmeier, A.K., 1982. Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology*. 8 (3): 211-227.
- Behrensmeier, A.K., 1990. Transport-hydrodynamics: bones. *Palaeobiology: a synthesis*. (D.E.G. Briggs y P.R. Crowther, Eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 232-235.
- Behrensmeier, A.K., 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. (P.A. Allison y D.E.G. Briggs. Eds.). Topics in Geobiology, Plenum Press, New York, 291-335.
- Behrensmeier, A.K., Gordon, K.D., Yanagi, G.T., 1986. Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks. *Nature*. (319):768-771.
- Behrensmeier, A.K., Gordon, K.D., Yanagi, G.T., 1989. Nonhuman bone modification in Miocene fossils from Pakistan. In (R. Bonnicksen and M. H. Sorg, Eds.) *Bone modification*, pp. 99-120. Orono: University of Maine Center for the Study of the First Americans.
- Behrensmeier, A.K., Miller, J.H., 2012. Building links between ecology and paleontology using taphonomic studies of recent vertebrate communities. In *Paleontology in ecology and conservation* (pp. 69-91). Springer Berlin Heidelberg.
- Binford, L.R., 1978. *Nunamiut Ethnoarchaeology*, Academic Press, New York.
- Binford, L.R., 1981. Behavioral Archaeology and the Pompeii Premise. *Journal of Anthropological Research*. (37):195-208.
- Binford, L.R, Stone, N., 1986. Zhoukoudian: a closer look. *Curr Anthropol* (27):453-475.
- Blasco, R., Rosell, J., Peris, J. F., Cáceres, I., Vergès, J. M., 2008. A new element of trampling: an experimental application on the Level XII faunal record of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 35(6): 1605-1618.
- Blumenschine, R.J., 1986. Early Hominid Scavenging Opportunities. Implications of Carcass Availability in the Serengeti and Ngorongoro Ecosystems. *B.A.R. International Series*, 283, Oxford.
- 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., 1995. Percussion marks, tooth marks and the experimental determinations of the timing of hominid and carnivore access to long bones at FLK Zinjanthropus, Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 29, 21-51.
- Blumenschine, R.J., Selvaggio, M.M., 1988. Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behavior. *Nature* 333, 763-765.
- Blumenschine, R.J., Selvaggio, M.M., 1991. On the marks of marrow bone processing by hammerstones and hyenas: their anatomical patterning and archaeological implications. In: Clark, J.D. (Ed.), *Cultural Beginnings: Approaches to Understanding Early Hominin Life Ways in the African Savanna*. R. Habelt. Bonn, GMBH, pp. 17-32.
- Blumenschine, R.J., Marean, C.W., 1993. A carnivore's view of archaeological bone assemblages. In Hudson, J. (Ed.) *From Bones to Behavior: Ethnoarchaeological and Experimental Contributions to the Interpretations of Faunal Remains*. Southern Illinois University, Illinois, pp. 271-300.
- Blumenschine, R.J., Marean, C.W., Capaldo, S.D. 1996. Blind tests of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces. *Journal of Archaeological Science* 23, 493-507.
- Boaz, D., 1982. Modern riverine taphonomy: its relevance to the interpretation of Plio-Pleistocene hominid paleoecology in the Omo Basin, Ethiopia. Ph. D. dissertation, University of California, Berkeley. Ann Arbor: University Microfilms International.
- Boaz, N.T., Behrensmeier, A.K., 1976. Hominid taphonomy: transport of human skeletal parts in an artificial fluvial environment. *American Journal of Physical Anthropology* 45: 53-60.
- Bonnefille, R., Riollet, G., 1980. Palynologie, végétation et climats de Bed 1 et Bed 2 á Olduvai, Tanzanie. In: Leakey, R.E., Ogot, B.A. (Eds.), *Presented at the Proceedings of the 8th Pan-African Congress of Prehistory and Quaternary Studies*. Tillmiap, Nairobi, pp. 123-127.
- Borden, F.W., 1971. The use of surface erosion observations to determine chronological sequence in artifacts from a Mojave Desert site. *Archaeological [sic] Survey Association of Southern California*.
- Brain, C.K., 1967. Hottentot food remains and their bearing on the interpretation of fossil bone assemblages. *Scientific Papers of the Namib Desert Research Station* 32, 1-11.
- Brain, C.K., 1969. The probable role of leopards as predators of the Swartkrans Australopithecines. *South African Archaeological Bulletin* 24, 170-171.
- Brain, C. K. 1981. *The Hunters or the Hunted?* Chicago University Press, Chicago.
- Brett, C.E., 1990. Destructive taphonomic processes and skeletal durability. In (D. E.G. Briggs Bibliography 471 and P. R. Crowther, Eds.) *Palaeobiology: a synthesis*, pp. 223-226. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

- Brodkorb, P., Mourer-Chauviré, C., 1982. Fossil Aningas (Aves: Anhingidae) from Early Man Sites of Hadar and Omo (Ethiopia) and Olduvai Gorge (Tanzania). *Geobios*, 15 (4), 505-515.
- Brown, A.G., 1997. *Alluvial Geoarchaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bunge, M. 1981. Analogy between systems. *International Journal of General Systems* (7): 221-223.
- Bunge, M., 1985. *La ciencia: su método y su filosofía*. Mario Bunge (No. 501 B8.). Ediciones Siglo Veinte.
- Bunn, H., Harris, J.W., Isaac, G., Kaufulu, Z., Kroll, E., Schick, K., ... & Behrensmeyer, A.K., 1980. FxJj50: an early Pleistocene site in northern Kenya. *World archaeology*, 12(2), 109-136.
- Bunn, H.T., 1981. Archaeological evidence for meat-eating by Plio-Pleistocene hominids from Koobi Fora, Kenya. *Nature* (291) 574-577.
- Bunn, H.T., 1982. *Meat-eating and human evolution: studies on the diet and subsistence patterns of Plio-Pleistocene hominids in East Africa*, Ph.D. Dissertation. University of California, Berkeley.
- Bunn, H.T. 1983. Evidence on the diet and subsistence patterns of Plio-Pleistocene hominids at Koobi Fora, Kenya, and at Olduvai Gorge, Tanzania. In Clutton-Brock, J., Grigson, C. (Eds.) *Animals and Archaeology: Hunters and their Prey*. B.A.R. International Series, 163, pp. 21-30.
- Bunn, H.T., 1991. A taphonomic perspective on the archaeology of human origins. *Annual Review of Anthropology* 20, 433-467.
- Bunn, H.T., 1994. Early Pleistocene hominin foraging strategies along the ancestral Omo River at Koobi Fora, Kenya. *Journal of Human Evolution* 27, 247-266.
- Bunn, H.T., 1995. Reply to Tappen. *Current Anthropology* 36, 250-251.
- Bunn, H.T., 1996. Reply to Rose and Marshall. *Current Anthropology* 37, 321-323.
- Bunn, H.T., 1997. The bone assemblages from the excavated sites. In: Isaac, G.L. (Ed.), *Koobi Fora Project Monograph*, vol. 5. Clarendon Press, Oxford, pp. 402-458.
- Bunn, H.T., 2007. Butchering backstraps and bearing backbones: insights from Hadza foragers and implications for Paleolithic archaeology. In: Pickering, T.R., Schick, K., Toth, N. (Eds.), *Breathing Life into Fossils: Taphonomic Studies in Honor of C.K. (Bob) Brain*. Stone Age Institute Press, Bloomington, pp. 269-280.
- Bunn, H.T., Kroll, E.M., 1986. Systematic butchery by Plio-Pleistocene hominids at Olduvai Gorge, Tanzania. *Current Anthropology* 27, 431-452.
- Bunn, H.T., Kroll, E.M., 1988. Fact and fiction about the Zinjanthropus floor: data, arguments, and interpretations. *Current Anthropology* (29):135-149.

- 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. Methods, marks and models for inferring hominid and carnivore behavior. *Journal of Human Evolution* 35, 323-326.
- 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.
- Cleghorn, N. Marean, C.W., 2004. Distinguishing selective transport and in situ attrition: a critical review of analytical approaches, *Journal of Taphonomy* 2, 43-67.
- Cleghorn, N. Marean, C.W., 2007. The destruction of skeletal elements by carnivores: the growth of a general model for skeletal element destruction and survival in zooarchaeological assemblages, in: T.R. Pickering, K. Schick, N. Toth (Eds.), *African Taphonomy: A Tribute to the Career of C.K. "Bob" Brain*, Stone Age Institute Press, Bloomington.
- Coard, R., 1999. One bone, two bones, wet bones, dry bones: transport potentials under experimental conditions. *Journal of Archaeological Science* 26,1369-1375.
- Coard, R., Dennell, R.W., 1995. Taphonomy of some articulated skeletal remains: transport potential in an artificial environment. *Journal of Archaeological Science* 22, 441-448.
- Cole, S., 1963. *The prehistory of East Africa*. Macmillan, New York.
- De Juana, S., Domínguez-Rodrigo, M., 2011. Testing analogical taphonomic signatures in bone breaking: a comparison between hammerstone-broken equid and bovid bones. *Archaeometry* 53, 996-1011.
- Delaney-Rivera, C., Plummer, TW., Hodgson, JA., Forrest F, Hertel, F., Oliver, JS. 2009 Pits and pitfalls: taxonomic variability and patterning in tooth mark dimensions. *Journal of Archaeological Science* 36:2597–2608
- Delpeche, F., Villa, P., 1993. Activités de chasse et boucherie dans la grotte des Eglises. In: Desse, J., Audoin-Rouzeau, F. (Eds.), *Exploitation des animaux sauvages a travers le Temps. IV, Colloque International de l'Homme et l'Animal*. Editions APDCA, pp. 79-102.
- Diez Martín, F., Sánchez Yustos, P., Domínguez Rodrigo, M., Mabulla, A. y Barba, R., 2009. "Were Olduvai Hominins making butchering tools or battering tools? Analysis of a recently excavated lithic assemblage from BK (Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania)". *Journal of Anthropological Archaeology* (28):274-289.
- Dodson, P., 1973. The significance of small bones in paleoecological interpretation. *University of Wyoming Contributions to Geology* 12: 15-19. Laramie.

- Domínguez-Rodrigo, M., 1997a. Meat-eating by early hominids at the FLK 22 Zinjanthropus site, Olduvai Gorge, Tanzania: an experimental approach using cut mark data. *Journal of Human Evolution* 33, 669-690.
- Domínguez-Rodrigo, M., 1997b. A reassessment of the study of cut mark patterns to infer hominid manipulation of fleshed carcasses at the FLK Zinj 22 site, Olduvai Gorge, Tanzania. *Trabajos de Prehistoria* 54, 29-42.
- Domínguez-Rodrigo, M., 1999. Meat eating and carcass procurement by hominids at the FLK Zinj 22 site, Olduvai Gorge, Tanzania: a new experimental approach to the old hunting-versus scavenging debate. In Ullrich, H. (ed.) *Lifestyles and Survival Strategies in Pliocene and Pleistocene Hominids*. Edition Archaea, Schwelm, Germany, pp. 89-111.
- Domínguez-Rodrigo, M. 2002. Hunting and scavenging by early humans: the state of the debate. *Journal of World Prehistory* 16, 1-54.
- Domínguez-Rodrigo, M., Martí Lezana, R., 1996. Estudio etnoarqueológico de un campamento temporal Ndorobo (Maasai) en Kulalu (Kenia). *Trabajos de prehistoria*, 53(2), 131-143.
- Domínguez-Rodrigo, M., Piqueras, A., 2003. The use of tooth pits to identify carnivore taxa in tooth-marked archaeofaunas and their relevance to reconstruct hominid carcass processing behaviours. *Journal of Archaeological Science*, 30 (11), 1385-1391.
- Domínguez-Rodrigo, M., Barba, R., 2005. A study of cut marks on small-sized carcasses and its application to the study of cut-marked bones from small mammals at the FLK Zinj site. *Journal of Taphonomy* 2-3, 111-124.
- Domínguez-Rodrigo, M., Barba, R. 2006. New estimates of tooth marks and percussion marks from FLK Zinj, Olduvai Gorge (Tanzania): the carnivore-hominid-carnivore hypothesis falsified. *Journal of Human Evolution* 50, 170-194.
- Domínguez-Rodrigo, M., Barba, R., Egeland, C.P., 2007a. *Deconstructing Olduvai*. Springer, New York.
- Domínguez-Rodrigo, M., Egeland, C.P., Pickering, TR., 2007b. Models of passive scavenging by early hominids: problems arising from equifinality in carnivore tooth mark frequencies and the extended concept of archaeological palimpsests. In: Pickering TR, Toth N, Shick K (Eds) *Breathing life into fossils: taphonomic studies in honor of C.K. Brain*. Stone Age Institute Press, Gosport, pp 255-268.
- Domínguez-Rodrigo, M., Mabulla, A., Bunn, H.T., Barba, R., Diez-Martin, F., Egeland, C.P., Espilez, E., Egeland, A., Yravedra, J., Sánchez, P., 2009a. Unraveling hominin behavior at another anthropogenic site from Olduvai Gorge (Tanzania): new archaeological and taphonomic research at BK, Upper Bed II. *Journal of Human Evolution* 57, 260-283.
- Domínguez-Rodrigo M., De Juana S., Galán A.B., Rodríguez M., 2009b. A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science* 36 (12):2643-2654.

- Domínguez-Rodrigo, M., Yravedra, J., 2009. Why are cut mark frequencies in archaeofaunal assemblages so variable? A multivariate analysis. *Journal of Archaeological Science*, 36 (3), 884-894.
- Domínguez-Rodrigo, M., Bunn, H.T., Pickering, T.R., Mabulla, A.Z.P., Musiba, C.M., Baquedano, E., Ashley, G.M., Diez-Martin, F., Santonja, M., Uribelarrea, D., Barba, R., Yravedra, J., Barboni, D., Arriaza, C., Gidna, A., 2012. Autochthony and orientation patterns in Olduvai Bed I: a re-examination of the status of postdepositional biasing of archaeological assemblages from FLK North (FLKN). *Journal of Archaeological Science* 39, 2116-2127.
- Domínguez-Rodrigo, M., Martínez-Navarro, B., 2012. Taphonomic analysis of the early Pleistocene (2.4 Ma) faunal assemblage from AL894 (Hadar, Ethiopia). *Journal of Human Evolution* 62, 315-327.
- Domínguez-Rodrigo M, Pickering TR, Baquedano E, Mabulla A y Mark DF, et al., 2013. First Partial Skeleton of a 1.34-Million-Year-Old *Paranthropus boisei* from Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania. *PLoS ONE* 8 (12): e80347. doi: 10.1371/journal.pone.0080347.
- Domínguez-Rodrigo, M., García-Pérez, A., 2013. Testing the accuracy of different A-axis types for measuring the orientation of bones in the archaeological and paleontological record. *PLoS ONE* 8(7): e68955.
- Domínguez-Rodrigo M, Bunn HT, Mabulla AZP, Baquedano E, Uribelarrea D, Pérez-González A, Gidna A, Yravedra J, Diez- Martín F, Barba R, Arriaza MC, Egeland CP, Organista E, Ansón M., 2014a. On meat eating and human evolution: a taphonomic analysis of BK4b, (Upper Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania) and its bearing on hominin megafaunal consumption. *Quaternary International* 322-323:129-152.
- Domínguez-Rodrigo, M., Diez-Martín F., Yravedra J., Barba R., Mabulla A., Baquedano E., Uribelarrea, D., Sánchez, P., Eren, M.I., 2014b. Study of the SHK main site faunal assemblage, Olduvai Gorge, Tanzania: implications for Bed II taphonomy, paleoecology, and hominin utilization of megafauna. *Quaternary International* 322-323:153-166.
- Domínguez-Rodrigo, M., Uribelarrea, D., Santonja, M., Bunn, H.T., García- Pérez, A., Pérez-González, A., Panera, J., Rubio-Jara, S., Mabulla, A., Baquedano, E., Yravedra, J., Diez-Martín, F., 2014c. Autochthonous anisotropy of archaeological materials by the action of water: experimental and archaeological reassessment of the orientation patterns at the Olduvai sites. *Journal of Archaeological Science* 41:44-68.
- Domínguez-Rodrigo, M., Yravedra, J., Organista, E., Gidna, A., Fourvel, J.B., Baquedano, E., 2015. A new methodological approach to the taphonomic study of paleontological and archaeological faunal assemblages: a preliminary case study from Olduvai Gorge (Tanzania). *Journal of Archaeological Science* 59, 35-53.
- Egeland, C.P., 2007. Zooarchaeological and taphonomic perspectives on hominid and carnivore interactions at Olduvai Gorge, Tanzania. Ph.D. Dissertation, Indiana University, Bloomington.

- 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, 1031-1052.
- Emerson, A.E., 1990. Archaeological implications of variability in the economic anatomy of *Bison bison*. Ph.D. Thesis, Washington State University, Washington, DC., U.S.A.
- 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.
- Fernández-López, S. 2000. Temas de Tafonomía. Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas.
- Fernández-Jalvo, Y., 1992. Tafonomía de microvertebrados del complejo cárstico de Atapuerca (Burgos). Unpublished doctoral thesis, Universidad Complutense de Madrid.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., 2003. Experimental effects of water abrasion on bone fragments. *Journal of Taphonomy* 1, 147-163.
- Fernández-Jalvo, Y., & Cáceres, I., 2010. Tafonomía e Industria Lítica: marcas de corte y materias primas. *Cuaternario y Arqueología*.
- Fiorillo, A.R., 1989. An experimental study of trampling: implications for the fossil record. In (R. Bonnicksen and M. H. Sorg, Eds.) *Bone modification*, pp. 61-71. Orono: University of Maine Center for the Study of the First Americans.
- Fiorillo, A.R., 1991. Taphonomy and depositional setting of Careless Creek Quarry (Judith River formation), Wheatland County, Montana, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 81, 281-311.
- Fisher, N.I., 1995. *Statistical Analysis of Circular Data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Frison, G.C., Todd, L.G., 1986. The Colby Mammoth Site. *Taphonomy and Archaeology of a Clovis Kill in Northern Wyoming*. University of New México Press, Albuquerque.
- Frostick, L., Reid, I., 1983. Taphonomic significance of subaerial transport of vertebrate fossils on steep sub-arid slopes. *Lethaia* 16, 157-164.
- Galán, A., Fernández, 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.
- Gidna A, Kisui AB, Domínguez-Rodrigo M., 2014. An ecological neotaphonomic study of carcass consumption in Tarangire National Park (Tanzania) and its relevance for human evolutionary biology. *Quaternary International* 322-323:167-180.
- Gifford, D.P., 1977. *Observations of Modern Human Settlements as an Aid to Archaeological Interpretation*. Thesis doctoral, University of California, Berkeley, Ann Harbor, University Microfilms International.

- Gifford, D.P., 1981. Taphonomy and paleoecology: A critical view of archaeology's sister disciplines, en: M.B. Schiffer (Ed.), *Advances in archaeological method and theory*, Academic Press, New York, pp. 365-438.
- Gifford-González, D.P., 1989. Modern Analogues; Developing an Interpretive Framework. Bone Modification. (R. Bonnichsen y M.H. Sorg, Eds.). *Centre for the Study of the First Americans*, Orono, Maine, 43-52.
- Gifford-Gonzalez, D. P. 1991. Bones are not enough: analogues, knowledge, and interpretive strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology* 10, 215-254.
- Gifford, D.P., Behrensmeyer, A.K., 1977. Observed Formation and Burial of a Recent Human Occupation Site in Kenya. *Quaternary Research*. 8: 245-266.
- Greenwood, P., Todd, E.J., 1970. Fish remains from Olduvai. In *Fossil Vertebrates in Africa*, vol. 2 (Ed. L. S. B. Leakey and R. J. G. Savage), pp. 225-41 London and New York: Academic Press.
- Grausz HM, Leakey RE, Walker AC, Ward CV., 1988. Associated cranial and postcranial bones of *Australopithecus boisei*. In *Evolutionary History of the "Robust" Australopithecines*, ed Grine FE (New York: Aldine de Gruyter) pp127-132.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., & Tatham, R.L., 2009. *Análise multivariada de dados*. Bookman Editora.
- Hanson, C.B., 1980. Fluvial taphonomic processes; models and experiments. *Fossils in the making*. (A.K. Behrensmeyer y A.P. Hill, Eds.). University of Chicago Press, Chicago. 151-181.
- Hay, R.L., 1976. *The Geology of Olduvai Gorge*. Clarendon Press, Oxford.
- Hay, R.L., Kyser, T. K. 2001. Chemical sedimentology and paleoenvironmental history of Lake Olduvai, a Pliocene lake in northern Tanzania. *Geological Society of America Bulletin* 113, 1505-1521.
- Haynes, G., 1988. Longitudinal studies of African elephant death and bone deposits. *Journal of Archaeological Science*, 15 (2), 131-157.
- Howard, P., 2007. *Archaeological Survey and Mapping*. Taylor and Francis, London. I
- Howell, FC., Butzer, KW., Aguirre, E. 1963. Noticia preliminar sobre el emplazamiento Achelense de Torralba (Soria). *Excavaciones Arqueológicas en España* 10: 3-38. Ministerio de Educación Nacional, Madrid.
- Isaac, G.L., 1967. Towards the interpretation of occupational debris: some experiments and observations. *Kroeber Anthropological Society Papers* 37, 31-57.
- Isaac, G.L., 1978. The food-sharing behavior of protohuman hominids. *Scientific American* 238, 90-108.

- Johnson, E., 1982. Paleoindian bone expediency tools: Lubbock Lake and Bonfire Shelter. *Canadian Journal of Anthropology* 2: 145-157.
- Johnson, E., 1987. Cultural activities and interactions. In *Lubbock Lake: Late Quaternary studies on the Southern High Plains* (E. Johnson, ed.), pp. 120-158. College Station: Texas A&M University Press.
- Kaufmann, C., Gutiérrez, M.A., Álvarez, M.C., González, M.E., Massigoge, A., 2011. Fluvial dispersal potential of guanaco bones (*Lama guanicoe*) under controlled experimental conditions: the influence of age classes to the hydrodynamic behavior. *Journal of Archaeological Science* 38, 334-344.
- Kerbis-Peterhans, J., 1990. *The Roles of Leopards, Hyenas and Porcupines in Ungulate Carcass Dispersal: Implications for Paleoanthropology* (Ph.D. dissertation). University of Chicago.
- Klein, R.G., Cruz-Uribe, K., 1984. *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. University of Chicago Press, Chicago.
- Korth, W.W., 1979. Taphonomy of microvertebrate fossil assemblages. *Annals of the Carnegie Museum* 48: 235-285.
- Krajcarz, M., Krajcarz, M.T., 2013. The red fox (*Vulpes vulpes*) as an accumulator of bones in cave-like environments. *International Journal of Osteoarchaeology*.
- Kreutzer, L.A., 1988. Megafaunal butchering at Lubbock Lake, Texas: a taphonomic reanalysis. *Quaternary Research* 30: 221-231.
- Kreutzer, L.A., 1992. Bison and deer bone mineral densities: comparisons and implications for the interpretation of archaeological faunas. *Journal of Archaeological Science*, (19):271-294.
- Kruuk, H., Turner, M. 1967. Comparative notes on predation by lion, leopard, cheetah and wild dog in the Serengeti area, East Africa. *Mammalia* 31, 1-27.
- Lam, Y.M., Chen, X., Marean, C.W., & Frey, C.J., 1998. Bone density and long bone representation in archaeological faunas: comparing results from CT and photon densitometry. *Journal of Archaeological Science*, 25(6), 559-570.
- Lam, Y.M., Chen, X., Pearson, O.M., 1999. Intertaxonomic variability in patterns of bone density and the differential representation of bovid, cervid, and equid elements in the archaeological record. *American Antiquity*, 343-362.
- Leakey, L.S.B., 1954. The giant animals of prehistoric Tanaganyika and the hunting grounds of Chellean man. *New discoveries in Olduvai Gorge. The Illustrated London News* 224, 1047-1051, illustration by Neave Parker.
- Leakey, L.S.B., 1958. Recent discoveries at Olduvai Gorge, Tanganyika. *Nature, Land*. 181: 1099-1103.

- Leakey, M., 1971. Olduvai Gorge, Vol. 3. Excavations in Bed I and II, 1960-1963. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyman, R.L., 1994. Vertebrate Taphonomy. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyman, R.L., Fox, G.L., 1989. A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. *Journal of Archaeological Science* (16): 293-317.
- Manega, P.C. 1993. Geochronology, geochemistry and isotopic study of the Plio-Pleistocene hominid sites and the Ngorongoro Volcanic highland in Northern Tanzania, Ph.D. Dissertation. University of Colorado, Boulder.
- Marean, C.W., 1998. A critique of the evidence for scavenging by Neandertals and early modern humans: new data from Kobeh Cave (Zagros Mountains, Iran) and Die Kelders Cave 1 Layer 10 (South Africa). *Journal of Human Evolution* 35, 111-136.
- Marean, C.W., Spencer, L.M. 1991. Impact of carnivore ravaging of bone in archaeological assemblages. *Journal of Archaeological Science* 18, 677-694.
- Marean, C.W., Spencer, L.M., Blumenshine, R. J., Capaldo, S. 1992. Captive hyaena bone choice and destruction, the Schlegel effect and Olduvai archaeofaunas. *Journal of Archaeological Science* 19, 101-121.
- Marean, C.W., Frey, C.J., 1997. Animal bones from caves to cities: reverse utility curves as methodological artifacts, *American Antiquity* 62, 698-711.
- Marean, C.W., Kim, S., 1998. Mousterian large mammals from Kobeh Cave. *Current Anthropology* 39, 79-113.
- Marean, C.W., Domínguez-Rodrigo, M., Pickering, T.R., 2004. Skeletal element equifinality in zooarchaeology begins with method: the evolution and status of the "shaft critique". *Journal of Taphonomy* 2, 69-98.
- Metcalf, D., 1989. A general cost/benefits model of the trade-off between transport and field processing. Papers presented at the 54th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Atlanta.
- Metcalf, D., Jones, K.T., 1988. A reconsideration of animal body part utility indices. *American Antiquity* 53: 486-504.
- Metcalf, D., Barlow, K.R., 1992. A model for exploring the optimal trade-off between field processing and transport. *American Anthropologist* 94, 340-356.
- Monahan, C.M., 1996. New zooarchaeological data from Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania: implications for hominid behavior in the Early Pleistocene. *Journal of Human Evolution* 31, 93-128.
- Münzel, S.C., 1988. Quantitative analysis and archaeological site interpretation. *Archaeozoologia* 2, 93-110.

- Nielsen-Marsh, C.M., Hedges, R.E.M., 1999. Bone porosity and the use of mercury intrusion porosimetry in bone diagenesis studies. *Archaeometry*, 41(1), 165-174.
- O'Connell, J.F., Hawkes, K., Blurton Jones, N., 1988. Hadza hunting, butchering and bone transport and their archaeological implications. *Journal of Anthropological Research* 44, 113-161.
- O'Connell, J.F., Hawkes, K., Blurton Jones, N., 1990. Reanalysis of large mammal body part transport among the Hadza. *Journal of Archaeological Science* 17, 301-316.
- OpenStereo, Grohmann y Campanha. www.igc.usp.br/openstereo
- Oriana™ v. 4.00, Kovach Computing Services. www.kovcomp.co.uk/oriana/index.html
- Organista, E., Domínguez-Rodrigo, M., Egeland, C.P., Uribelarrea, D., Mabulla, A., Baquedano, E., 2015. Did Homo erectus kill a Pelorovis herd at BK (Olduvai Gorge)? A taphonomic study of BK5. *Archaeological Anthropological Science* doi 10.1007/s12520-015-0241-8.
- Organista, E., Pernas-Hernández, M., Gidna, A., Yravedra, J., Domínguez-Rodrigo, M., 2016. An experimental lion-to-hammerstone model and its relevance to understand hominin-carnivore interactions in the archeological record. *Journal of Archaeological Science* (66) 69-77.
- Outram A., Rowley-Conwy P., 1998. Meat and marrow utility indices for horse (Equus). *Journal of Archaeological Science* 25:839-849.
- Pales, L., Lambert, C., 1971. Mammifères du Quaternaire. Les membres (herbivores). Centre National de Recherche Scientifique, Paris VII.
- Pante, M., Blumenschine, R.J., 2010. Fluvial transport of bovid bones fragmented by the feeding activities of hominins and carnivores. *Journal of Archaeological Science* 37, 846-854.
- Pante, M.C., Blumenschine, R.J., Capaldo, S.D., Scott, R.S., 2012. Validation of bone surface modification models for inferring hominin and carnivore feeding interactions, with reapplication to FLK 22, Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 63, 395-407.
- Patou-Mathis, M.E., 1984. Contribution a l'étude des mammifères des couches supérieures de la Grotte du Lazaret. M. A. Dissertation. Université de la Sorbonne, Paris (unpublished).
- Patou-Mathis, M.E., 1985. La fracturation des os longs de grands mammifères: élaboration d'un lexique et d'une fiche type. Outillage peu élaboré en os et en bois de cervidés. *Artefacts* 1, 11-22.
- Petraglia, M., Nash, D.T., 1987. The impact of fluvial processes on experimental sites. In: Nash, D.T., Petraglia, M. (Eds.), *Natural Formation Processes and the Archaeological*

- Record, British Archaeological Reports International Series, vol. 352. Oxford, pp. 108-130.
- Petraglia, M., Potts, R., 1994. Water flow and the formation of early Pleistocene artifact sites in Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Anthropological Archaeology* 13, 228-254.
- Pickering, T.R., Wallis, J., 1997. Bone modifications resulting from captive chimpanzee mastication: implication for the interpretation of Pliocene archaeological faunas. *Journal of Archaeological Science* 24, 1115-1127.
- Pickering, T.R., White, T.D., Toth, N., 2000. Brief communication: Cutmarks on a Plio-Pleistocene hominid from Sterkfontein, South Africa. *American Journal of Physical Anthropology*, 111(4): 579-584.
- Pickering, T.R., Marean, C., Domínguez-Rodrigo, M., 2003. Importance of limb bone shaft fragments in zooarchaeology: a response to "On in situ attrition and vertebrate body part profiles" (2002), by M.C. Stiner. *Journal of Archaeological Science* 30, 1469-1482.
- Pickering, T.R., Domínguez-Rodrigo, M., Egeland, C.P., Brain, C.K. 2004. New data and ideas on the foraging behavior of Early Stone Age hominids at Swartkrans cave. *South African Journal of Science* 100, 215-220.
- Pickering, T.R., Domínguez-Rodrigo, M., Egeland, C.P., Brain, C.K. 2005. The contribution of limb bone fracture patterns to reconstructing early hominid behavior at Swartkrans Cave (South Africa): Archaeological application of a new analytical method. *International Journal of Osteoarchaeology* 15, 247-260.
- 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.
- Pickering, T.R., Egeland, C.P., Domínguez-Rodrigo, M., Brain, C.K., Schnell, A.G., 2008. Testing the "shift in the balance of power" hypothesis at Swartkrans, South Africa: hominid cave use and subsistence behavior in the early Pleistocene. *Journal of Anthropological Archaeology* 27, 30-45.
- Pickering, T.R., Domínguez-Rodrigo, M., Heaton, J.L., Yravedra, J., Barba, R., Bunn, H.T., ... & Brain, C. K., 2013. Taphonomy of ungulate ribs and the consumption of meat and bone by 1.2-million-year-old hominins at Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Archaeological Science*, 40 (2), 1295-1309.
- Potts, R., 1988. *Early Hominid Activities at Olduvai*. Aldine, New York.
- Reck, H., 1933. *Oldoway die Schlucht des Urmenschen*. Leipzig: F. A. Brockhaus.
- Reineck, H.E., Singh, I.B., 1980. Tidal flats. In *Depositional Sedimentary Environments* (pp. 430-456). Springer Berlin Heidelberg.
- Richardson, P.R.K., 1980. Carnivore damage to antelope bones and its archaeological implications. *Palaeontologia Africana* 23, 109-125.

- Ringrose, T.J., 2012. Bootstrap confidence regions for correspondence analysis. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 82 (10), 1397-1413.
- Sanhouni, M., Rosell, J., van der Made, J., Vergés, J., Ollé, A., Kandi, N., Harichane, Z., Derradji, A., Medig, M., 2013. The First Evidence of Cut Marks and Usewear Traces from the Plio-Pleistocene Locality of El-Kherba (Ain Hanech), Algeria: Implications for Early Hominin Subsistence Activities Circa 1.8 Ma.
- Schick, K.D., 1984. Processes of Palaeolithic Site Formation: an Experimental Study (Ph.D. dissertation). University of California, Berkeley.
- Schick, K.D., 1987. Experimentally-derived criteria for assessing hydrologic disturbance of archaeological sites. *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*. (D.T. Nash y M.D. Petraglia, Eds.). BAR International Series 352, 86-107.
- Schiffer, M. B., 1987. Formation processes of the archaeological record. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Selvaggio, M.M., 1994. Identifying the timing and sequence of hominid and carnivore involvement with Plio-Pleistocene bone assemblages from carnivore tooth marks and stone-tool butchery marks on bone surfaces, Ph.D. Dissertation. Rutgers University, New Brunswick.
- Sept, J.M., 1992. Archaeological evidence and ecological perspectives for reconstructing early hominid subsistence behavior. *Journal of Archaeological Method and Theory* 4, 1-56.
- Shipman, P., Rose, J., 1983. Evidence of butchery activities at Torralba and Ambrona: an evaluation using microscopic techniques. *Journal of Archaeological Science* (10): 465-474.
- Shipman, P., Rose, J., 1984. Cutmark mimics on modern and fossil bovid bones. *Current Anthropology* 25: 116-117.
- Shipman, P., Rose, J., 1988. Bone tools: an experimental approach. In: Olsen, S.L. (Ed.), *Scanning Electron Microscopy in Archaeology*, British Archaeological Reports International Series, vol. 452, pp. 303-335.
- Sikes, N.E., 1994. Early hominid habitat preferences in East Africa: paleosol carbonate isotopic evidence. *Journal of Human Evolution* 27, 25-45.
- Sikes, N.E., 1999. Plio-Pleistocene floral context and habitat preferences of sympatric hominid species in East Africa. In: Bromage, T.G., Schrenk, F. (Eds.), *African Biogeography, Climate Change and Human Evolution*. Oxford University Press, Oxford, pp. 301-315.
- Sorensen, M.V., Leonard, W.R., 2001. Neandertal energetics and foraging efficiency. *Journal of Human Evolution* 40(6):483-495.
- Stanistreet, I.G., 2012. Fine resolution of early hominin time, Beds I and II, Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution*, 63 (2), 300-308.

- Stein, J.K., 1987. Deposits for archaeologists. In: Schiffer, M.D. (Ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, vol.11. Academic Press, New York, pp. 337-395.
- Thompson, C.E.L., Ball, S., Thompson, T.J.U., Gowland, R., 2011. The abrasion of modern and archaeological bones by mobile sediments: the importance of transport modes. *Journal of Archaeological Science* 38, 784-793.
- Toots, H., 1965. Orientation and distribution of fossils as environmental indicators. In: *Nineteenth Field Conference of the Wyoming Geological Association*, pp. 219-229.
- Turner, C.G., 1983. Taphonomic reconstruction of human violence and cannibalism based on mass burials in the American Southwest. In LeMoine, G. M., MacEachern, A. S. (eds.) *Carnivores, Human Scavengers and Predators: A Question of Bone Technology*, University of Calgary Archaeological Association, Calgary, pp. 219-240.
- Villa, P., Mahieu, E., 1991. Breakage patterns of human long bones. *Journal of Human Evolution* 21, 27-48.
- Visher, G.S., 1969. Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Research*, 39 (3).
- Voorhies, M., 1969. *Taphonomy and Population Dynamics of an Early Pliocene Vertebrate Fauna, Knox County, Nebraska*. University of Wyoming, Laramie. Contributions to Geology Special Paper No. 1.
- White, T.D., 1992. *Prehistoric cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346*. Princeton: Princeton University Press.
- White, E.M., Hannus, L.A., 1983. Chemical weathering of bone in archaeological soils. *American Antiquity* (48): 316-322.
- Wolff, R.G., 1973. Hydrodynamic sorting and ecology of a Pleistocene mammalian assemblage from California (U.S.A.). *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (13): 91-101.
- www.r-project.org
- Yravedra, J., 2000. Patrones de Representación Anatómica; una hermenéutica equivocada. *Arqueoweb. Revista de Internet*, nº 3. <http://www.ucm.es/info/arqueoweb/> diciembre 2000.
- Yravedra, J., 2006. *Tafonomía aplicada a zooarqueología*. Madrid: UNED ediciones.
- Yravedra, J.; Domínguez Rodrigo, M., Pérez Ruibal, A., 2002. The out dated basis of anatomical representation patterns for the interpretation of archaeological sites. En De Rienzi M.; Pardo Alonso, M.V.; Belinchón, M.; Peñalver E.; Montoya, P. & Márquez-Aliaga, A. (Ed.). *Current topics on taphonomy and fossilization*. Valencia 525-530.

- Yravedra, J., Domínguez-Rodrigo, M., 2009. The shaft-based methodological approach to the quantification of long limb bones and its relevance to understanding hominin subsistence in the Pleistocene: application to four Paleolithic sites. *Journal of Quaternary Science* 24, 85-96.
- Yravedra, J., Domínguez-Rodrigo, M., Santonja, M., Rubio-Jara, S., Panera, J., Pérez-González, A., UribeArrea, D., Egeland C.P., Mabulla, A., Baquedano, E. 2015. The larger mammal palimpsest from TK (Thiongo Korongo), Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania. *Quaternary International*.

