

# DETERMINACIÓN DE PROCESOS DE FRACTURA SOBRE HUESOS FRESCOS: UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE LOS PLANOS DE FRACTURACIÓN COMO DISCRIMINADOR DE AGENTES BIÓTICOS

*DETERMINATION OF THE FRACTURE PROCESSES OF FRESH BONE: AN ANALYTICAL SYSTEM OF THE ANGLES OF FRACTURE PLANES AS AN INDICATOR OF BIOTIC AGENTS*

VIRGINIA ALCANTARA GARCÍA, REBECA BARBA EGIDO, JOSÉ MARÍA BARRAL DEL PINO, ANA BELTRÁN CRESPO RUIZ, ARCO IRIS EIRIZ VIDAL, ALVARO FALQUINA APARICIO, SILVIA HERRERO CALLEJA, ANA IBARRA JIMÉNEZ, MARTA MEGÓAS GONZÁLEZ, MAITE PÉREZ GIL, VICTORIA PÉREZ TELLO, JORGE ROLLAND CALVO, JOSÉ YRAVEDRA SAINZ DE LOS TERREROS, AIXA VIDAL Y MANUEL DOMÍNGUEZ-RODRIGO (\*)

## RESUMEN

Los paños de fractura de los huesos siempre se han prestado a diversos análisis de clasificación, pero con menor éxito se ha podido averiguar el (los) agente(s) responsable(s) de su ruptura. De los diversos atributos utilizados, uno de ellos (los ángulos de los planos de fractura) se ha sometido a exhaustivo análisis, con los resultados que se ofrecen en el presente trabajo. Se concluye que dichos ángulos, en su consideración global en una muestra pueden ser resolutivos ya que los diversos agentes bióticos que rompen huesos (humanos y carnívoros) lo hacen por procesos físicos distintos (percusión y presión) que provocan diagnósticos diferenciadas en el modo en que los huesos aparecen fracturados.

## ABSTRACT

*The breakage planes of bones have diversely been used to classify breakage patterns. However, no diagnosis seems to be currently valid to differentiate between humans and carnivores as the main breaking agents. This work presents the results of experimentation focused on the analysis of the*

*angles of each plane between the cortical and medullary surfaces resulting from breakage. It is shown that this approach can be fairly resolute since both types of agents break bones through different physical processes (percussion and pressure) which produce different angles in each fracture episode, as a result of the use of dynamic and static loading processes.*

**Palabras clave:** Tafonomía. Percusión. Presión. Fractura ósea. Ángulos. Paños de fractura.

**Key words:** Taphonomy. Percussion. Pressure. Bone breakage. Angles of breakage planes.

## INTRODUCCIÓN

Los análisis de los patrones de fragmentación o fracturación empezaron a cobrar cierta importancia a partir del interés de diversos autores por discutir el origen de las primeras acumulaciones óseas y el de la cultura ostodontoquerática (Dart 1957; Ghosh 1974, Read Martín y Read, 1975; Bonnichsen 1975; Hill, 1976; Shipman y Philips 1976). Pero antes de referirnos a los patrones de fractura hay que diferenciar dos términos –la fragmentación y la fracturación– ya que suelen asociarse al mismo proceso por tratarse de un proceso tafogenético por el

(\*) Departamento de Prehistoria, Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid. C/ Profesor Aranguren s/n. 28040-Madrid. Correo electrónico: mdr00008@teleline.es

Recibido: 10-III-05; aceptado: 20-IX-05.

que un resto da lugar a otros. Sin embargo la significación de ambos es distinta. La fragmentación según Brugal (1994) y Mateos (2000) es de origen natural y depende de factores hidrotérmicos y climáticos, como la desecación y la deshidratación entre otros. La fracturación por el contrario es fruto de una acción biológica o antrópica. En el caso de la fracturación antrópica la finalidad de romper el hueso es para acceder al contenido medular.

La diferenciación entre los patrones generados por la fragmentación frente a la fracturación responden al hecho de que los primeros se dan en condiciones secas del hueso, mientras que los segundos se producen en estado fresco. Diferentes autores han tratado de distinguir ambos tipos, llegando en este caso a resultados muy positivos. Blasco (1992) establece que al fracturar los huesos frescos la fuerza del impacto se distribuye entre el contenido orgánico del hueso absorbiendo el golpe. Cuando la fuerza aplicada sobre el hueso aumenta, y los límites de la resistencia del tejido óseo ceden y deja el hueso de ser capaz de recobrar su estado original, comienza a romperse a partir de una microfRACTURA, que se propaga a través de las ondas de fuerza, desde la zona de impacto hacia el exterior siguiendo las líneas de debilidad del hueso hasta llegar a las epífisis. Cuando el hueso está en estado seco y carece de componente orgánico, la fractura va siguiendo la estructura microestructural de sus componentes minerales formando grietas perpendiculares al eje longitudinal de las fibras de colágeno del tejido óseo ocasionando fragmentos columnares, triangulares y rectangulares con bordes paralelos y diagonales. Los huesos secos no tienen humedad y su capacidad de absorción del golpe es nula, ya que son poco elásticos, rígidos y poco flexibles y aunque son duros pierden su capacidad de deformación plástica. A mayor sequedad mayor dureza y por tanto menor elasticidad y mayor fragilidad. Una exposición prolongada en medios de alta temperaturas provoca una rápida pérdida de agua propiciando procesos de agrietamiento y exfoliación parecidos a los que produce el *Weathering* (exposición subaérea) (Hill 1976).

Villa y Mahieu (1991 Fig. 5-7) han distinguido algunas diferencias entre procesos de fractura ósea en función del ángulo, el perfil, la línea de fractura, la circunferencia de la caña y la anchura y longitud de la fractura en los huesos apendiculares. De esta manera los huesos fracturados en estado fresco muestran unos ángulos oblicuos, obtusos y agudos frente al recto que se produce cuando el hueso

está en estado seco. El perfil que presentan los huesos rotos en estado seco es longitudinal y transversal frente al curvo, espiral y helicoidal apuntado en forma de V que se produce cuando está en estado fresco. Cuando la fractura se produce en estado fresco muestra un borde de fractura suave frente al irregular y rugoso que presentan los huesos rotos en estado seco. En otros trabajos como los de Myers *et al.* (1980), Johnson (1985), Lyman (1994) y Outram (2001) se confirman muchas de estas observaciones.

Johnson (1985-tabla 5.2) propone que los huesos fracturados en estado fresco presentan un conjunto de líneas longitudinales o helicoidales distribuidos de forma radial a partir del punto en donde se inicia la fractura. Estas líneas de fractura cesan en las zonas de tejido esponjoso y trabecular de las epífisis, tendiendo a ser netos y regulares los bordes. Suelen tener una asociación múltiple, la superficie del ángulo de fractura es suave, de coloración homogénea y los ángulos de fractura se muestran curvilíneos. A veces aparece el punto de impacto y nunca atraviesa la epífisis. Cuando el impacto se produce en hueso en estado seco, se generan paños de fractura transversales y rectos a partir del punto que provoca la rotura del hueso. Es de tipo perpendicular y horizontal, con una superficie del ángulo de fractura rugosa, de coloración homogénea y heterogénea, ángulos de fractura rectos y puntos de impacto ausentes y pueden llegar a atravesar las epífisis. Cuando producen paños longitudinales tienden a ser irregulares y rugosos.

Lyman (1994) dice que la fractura en fresco muestra una textura igual, de similar coloración y ángulo obtuso. Cuando el hueso está seco sin mineralizar indica aspecto rugoso, áspero y escabroso, rígido de textura angulosa y de ángulo obtuso. El hueso seco mineralizado indica cambio de coloración, textura rugosa y ángulo recto. Las fracturas helicoidales pueden producirse en los huesos secos y en los frescos, en los secos tiene una superficie rugosa y en el fresco la superficie de fractura está pulida y bruñida, suave y alisado. La ruptura postdeposicional tiende a crear cortes tubulares (circunferencia completa) pero en los huesos frescos se tiende a formar circunferencias incompletas.

Myers *et al.* (1980) y Outram (2001), como los autores anteriores, proponen que la fragmentación en seco produce fracturas estrechas, diagonales de tipo longitudinal y transversal con textura rugosa y ángulos rectos y perpendiculares. Cuando es en estado fresco produce patrones helicoidales, obli-

cuos, y espirales, ángulos agudos u obtusos y de textura lisa y suave. Es decir, coinciden en la diagnosis del estado óseo en el momento de fractura con los autores anteriormente mencionados.

Tras señalar algunas de las diferencias producidas en los patrones de fragmentación, en este trabajo nos vamos a referir principalmente a los patrones de fracturación con la finalidad de diferenciar los patrones generados por carnívoros frente a los antrópicos. Sobre esta problemática hay una gran cantidad de trabajos que tratan de definir los patrones generados por los diferentes procesos a través de la morfología de la fractura, los tipos, los planos o la intensidad de la fragmentación etc. En relación con los tipos de fractura los trabajos son muy numerosos. Pero todos ellos se pueden resumir en la consideración de los siguientes tipos: irregular, oblicuo-espiral, longitudinal y trasversal (Sadek-Koros 1972, 1975; Shipman *et al.* 1981; Patou Mathis 1984, 1985; Díez 1985; Johnson 1985; Todd 1987; Morales 1988; Marshall 1989; Gifford 1989; Bridault 1994). A estos tipos, se les pueden añadir otros como el dentado o almenado más relacionados con patrones hechos por carnívoros (Sadek-Koros 1975; Shipman *et al.* 1981; Marshall 1989).

Sin embargo, en función de la morfología, diferentes autores han observado que los mismos patrones están sujetos a equifinalidad ya que pueden producirse por gran cantidad de agentes diferentes, como el weathering, el tramplng (pisoteo), los carnívoros o el ser humano (Dart 1957; Zierhut 1967; Sadek-Koros 1972, 1975; Noe Nygaard 1977; Bonnichsen 1979; Shipman 1979, 1981; Haynes 1980, 1983, 1988; Myers *et al.* 1980; Binford 1981; Johnson 1985; Badam *et al.* 1986; Gibert *et al.* 1992; Lyman 1984, 1987; Johnson 1985, 1989 Charles 1998, Gibert *et al.* 1992, 1993; Marean *et al.* 2000).

Otros autores, refiriéndose concretamente a los patrones de fracturación antrópica, han tratado de sistematizar los patrones de fractura para crear unas bases que permitan establecer una diagnosis. De este modo, Hill (1976), atendiendo a la morfología y a las características intrínsecas de cada hueso, ha intentado señalar una forma de ruptura ósea diferencial en función de cada tipo de elemento. También Morales (1988), Patou Mathis (1993), Anconetani (1996), Anconetani *et al.* (1996) y Mateos (1999, 2000) han definido varios tipos, pero como en el caso de los tipos de fractura, tampoco muestran patrones claros que permitan diferenciar la acción de distintos agentes bióticos ya que solo se centran en la actividad humana.

En otros trabajos como los de Bunn (1983) y Capaldo y Blumenschine (1994) sí se llegan a resultados positivos en la diferenciación del agente responsable de la fracturación ósea, dependiendo del grado de sección de circunferencia de las diáfisis. En los patrones generados por carnívoros se dan los llamados cilindros, en los que la circunferencia de la diáfisis puede estar completa o semi-completa superando la mitad de la curvatura original. Por el contrario en los huesos fracturados de forma antrópica la longitud del hueso suele ser inferior al 50 % de la superficie original de dicha sección diafisaria y nunca completa el diámetro de la circunferencia, algo que también han observado Vila y Mahieu (1991). Capaldo y Blumenschine (1994) también han detectado otras diferencias atendiendo al ángulo de las muescas de fractura en los patrones de los animales pequeños de tamaño 1-2. Así las lascas óseas producidas durante la fracturación tienen un ángulo mas obtuso y son mas anchas que las producidas por los carnívoros que son mas triangulares y pueden llevar asociadas marcas de diente (Figura 1 a-b vs c-d en Capaldo y Blumenschine 1994).

La fracturación producida por los carnívoros presenta surcos próximos en las partes proximales de la epífisis, bordes diafisarios almenados o escalonados con muescas y hoyos cóncavos. Las producidas por el hombre presentan bordes redondeados y un punto de impacto oval o circular (Johnson 1985, Blumenschine y Selvaggio 1988, 1991; Lyman 1987; Capaldo y Blumenschine 1994). Para animales pequeños como lagomorfos Pérez Ripoll (1993) y Hockett (1993) también diferencia los patrones antrópicos respecto a los de carnívoros, por la asociación de marcas de diente en el caso de los producidos por carnívoros y por que en los casos antrópicos se parten los huesos por flexión de las matadiáfisis, dejando patrones trasversales y epífisis aisladas. En el caso de estos animales la fragmentación producida por la presión del sedimento, el weathering o el tramplng suele dejar patrones longitudinales.

En resumen, los diferentes estudios realizados no presentan datos concluyentes sobre la fragmentación producida por distintos agentes. Ofrecen algunas generalidades susceptibles de equifinalidad como la asociación de los bordes diafisarios a determinados tipos de marcas, o el porcentaje de fragmentación, el índice de circunferencia de las diáfisis etc. Sin embargo, en muchas ocasiones estos patrones no son diagnósticos para diferenciar entre

agentes fragmentadores óseos de tipo biótico cuando el hueso se ha fracturado en fresco. Por este motivo aquí se propone un nuevo método más resolutivo en la identificación de los diferentes agentes bióticos (carnívoros versus humanos) de fracturación. Este método está inspirado en el estudio de las muescas de fractura generadas por carnívoros y seres humanos realizado por Capaldo y Blumenschine (1994). Si bien dicho estudio ponía de relieve las diferencias entre procesos de percusión (humanos) y presión (carnívoros), su aplicabilidad a conjuntos óseos fracturados de manera extensa se ve muy limitada por el escaso número de muescas sobre el global de huesos fragmentados. Con el espíritu de aplicar dicho principio físico a todo proceso de fractura ósea, se decidió estudiar su expresión en los paños de fractura, en cada hueso fracturado, para ver si dichos procesos físicos también dejaban una diagnosis particular. Los datos obtenidos y aquí expuestos son el resultado de dicha experimentación.

## METODOLOGÍA Y MUESTRA

### Características de la muestra

Siguiendo los criterios delineados por Capaldo y Blumenschine (1994), se han intentado tomar mediciones de ángulos en fracturas teniendo en cuenta el tipo de hueso, ya que el grado de densidad parece afectar la mayor o menor tendencia a producir planos agudos y obtusos. Se han utilizado en este estudio experimental huesos largos apendiculares de tres especies diferentes: una grande (vaca) y dos pequeñas (cerdo y oveja). El experimento se ha centrado exclusivamente sobre los huesos apendiculares superiores e intermedios, excluyendo metapodios, ya que la fracturación de estos últimos es diferente de los huesos estilopodios y cigopodios (Capaldo y Blumenschine 1994).

El experimento ha pretendido reconstruir dos procesos físicos diferentes: presión y percusión. Cuando el ser humano rompe un hueso, utiliza un percutor de manera que genera una carga dinámica sobre el hueso. La fuerza aplicada de esta manera se traduce en un cambio de las fisuras que fragmentan el hueso. Cuando un carnívoros, en cambio, rompe un hueso, lo hace generando presión en dos superficies opuestas del hueso. Esto, físicamente, produce una distribución diferente de la tensión interna de la cortical que genera un plano de frac-

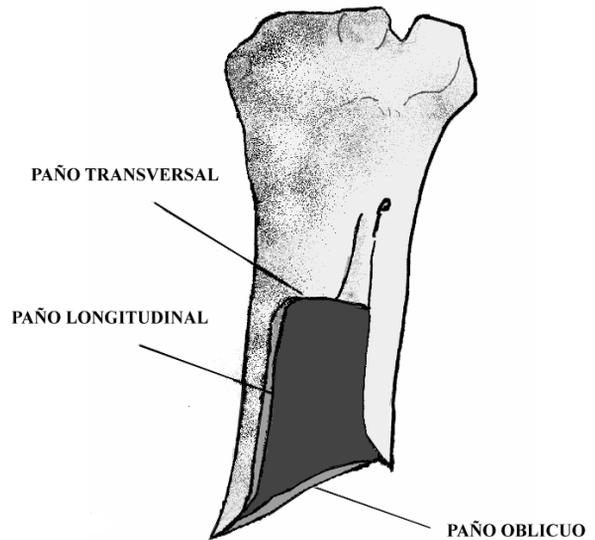


Fig. 1. Tipos de paños de fractura.

tura orientado de manera menos aguda u obtusa, se acuerdo con el tipo de plano. Estos procesos se han documentado en las muescas de fractura generadas por humanos y carnívoros (Capaldo y Blumenschine 1994).

Los paños de fractura son los segmentos que forman el contorno del hueso tras la rotura del mismo. Éstos pueden ser longitudinales, transversales u oblicuos, según su posición respecto al eje longitudinal del hueso completo (Fig. 1).

El ángulo de la fractura es el formado por la intersección de una línea que parte de la sección cortical y otra de la sección medular del paño de fractura. Se agruparon las mediciones obtenidas en ángulos agudos, rectos y obtusos, medidos con la ayuda del transportador de ángulos (Fig. 2).

Los huesos utilizados para el estudio de los patrones de fractura por presión y percusión han sido:

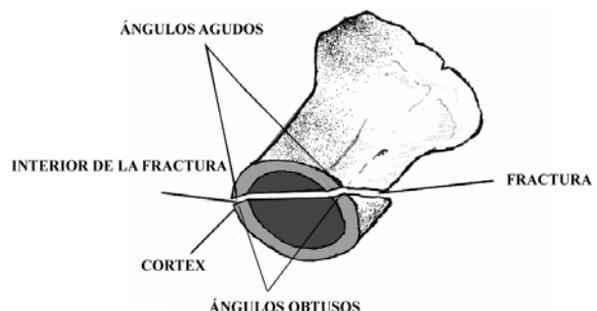


Fig. 2. Modelo de medición de los ángulos de fractura.

## a. Para la presión (carnívoros):

- 1 radio de bóvido
- 1 fémur de suído
- 2 fémures y 1 tibia de ovino (rotos por cánidos grandes: mastines).
- 2 fémures, 2 tibias y 2 húmeros de bóvido (rotos por hienas). Estos huesos fueron obtenidos por experimentos realizados por Domínguez-Rodrigo en Galana y Kulalu y se trata de huesos fracturados por hienas manchadas (*Crocuta crocuta*).

## b. Para la percusión:

- 3 húmeros, 1 radio, 1 fémur y 1 tibia de bóvido
- 3 fémures y 4 tibias de ovino
- 1 fémur de suído.

**Rotura por presión**

Para la rotura por presión de los radios, fémures y tibia de bóvido, suído y ovino se utilizaron dos métodos. El primero, manual, se realizó empleando unas tenazas para romper el hueso con el fin de reproducir la fuerza ejercida por la mandíbula de un carnívoro. El segundo método consistió en proporcionar varios huesos a diferentes carnívoros (perros y hienas) para que los mordieran hasta su fractura (Fig. 1).

**Rotura por percusión**

Para la percusión, se preparó una muestra compuesta por radios, húmeros, tibias y fémures de bóvido, fémures y tibias de ovino y un fémur de suído, que fue golpeada de manera directa con percutores de nódulos de cuarcita sobre yunques y suelos de piedra.

Una vez fragmentados los huesos, se llevó a cabo la extracción del tuétano para aislar la materia ósea. Tras esto, se procedió a la cocción de la muestra en una mezcla de agua y detergente neutro, durante un tiempo aproximado de dos a ocho horas, con el objetivo de eliminar los restos de materia orgánica.

**Selección de las muestras**

Tras el secado, se seleccionaron de entre todos los fragmentos de la muestra las diáfisis que presentaban las siguientes características:

- Tamaño superior a 2 cm
- Sin tejido esponjoso
- Con paños de fractura limpia y continua (sin muescas) mayores de 4 cm. Especímenes menores

no mostraban una longitud suficiente del paño de fractura para que la misma mostrase una ruptura de la pared no limitada por la escasa longitud.

Los parámetros analizados fueron:

- Posición de los paños con respecto al eje longitudinal del hueso.
- Ángulos de fractura.

La muestra de ángulos obtenida se sometió a un análisis estadístico de Intervalo de confianza (95%) con una distribución *t* donde *t*.025 es el valor crítico con un grado de significación equivalente a *n*-1. El objeto de este tratamiento estadístico es delimitar los rangos de variación de los ángulos en cada proceso físico. Para ello, cada rango de ángulos se dividió en un doble espectro, el generado por debajo de 90° y el que supera dicho margen, ya que cada fractura genera un plano de fractura de cada tipo (>90° y <90°) en cada uno de los dos especímenes que se forman con dicho proceso de ruptura (Tabla 1, figura 2).

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Tras haber recopilado todos los datos del análisis experimental, se han plasmado los resultados extraídos en tres gráficos, correspondientes a los tres tipos de paños documentados en los huesos fracturados: longitudinales, transversales y oblicuos (Fig. 3; Tab. 1). El objetivo de este estudio era plantear un marco de referencia para diferenciar entre las fracturas producidas por presión o por percusión, en función de las medidas angulares que presentan los paños de fractura. Además, se planteaba la hipótesis de que dichas medidas presentan un rango de variabilidad diferente dependiendo de que se estemos tratando con huesos de animales pequeños o grandes. Por ello, se procedió a comparar los rangos de dispersión de los ángulos resultantes de la fractura de los huesos según la dicotomía “percusión/presión”, en ambos tamaños de animales.

Siguiendo esta línea argumental, en el gráfico correspondiente a los paños de fractura longitudinales (Fig. 3a), se observa cómo al comparar los pares correspondientes a presión/percusión en el mismo rango de valores angulares (es decir, mayores o menores de 90°) (1) y en el mismo tipo de ta-

(1) La muestra se divide en ángulos mayores y menores de 90° porque si se trataran conjuntamente los ángulos agudos y obtusos producidos en las fracturas, la media aritmética de los valores hallados tendería siempre a ser 90°, lo que desvirtuaría los resultados extraídos.

## ANGULOS LONGITUDINALES

animales ángulos	Percusión		Presión		Percusión		Presión	
	pequeños >90°	pequeños <90°	pequeños >90°	pequeños <90°	grandes >90°	grandes <90°	grandes >90°	grandes <90°
media	107	74.33	104.7	88.1	116.3	71.5	103.8	79.7
desv. est.	9.51	21.4	5.1	3.68	19.24	20.58	7.9	3.68
95% I.C.	103-112	62.5-86.5	100.4-109	85.7-91.8	108.8-124.6	63.1-79.8	98.8-108.8	74.1-85.3
n°	22	15	7	9	24	26	12	9
rango	93-134	30-90	94-115	82-90	91-150	13-90	91-120	74-90

## ANGULOS TRANSVERSALES

animales ángulos	Percusión		Presión		Percusión		Presión	
	pequeños >90°	pequeños <90°	pequeños >90°	pequeños <90°	grandes >90°	grandes <90°	grandes >90°	grandes <90°
media	111.8	63.1	97	87.8	121.5	59.6	103.5	
desv. est.	12.65	14.15	5.8	3.4	47.2	18.13	7.9	
95% I.C.	106.1-117.4	49.4-76.6	91.4-103.6	83.8-91.8	76.3-166.6	45.9-73.2	93.5-113.5	
n°	5	7	5	5	7	17	12	
rango	94-124	20-90	91-104	85-90	90-169	40-89	91-120	

## ANGULOS OBLICUOS

animales ángulos	Percusión		Presión		Percusión		Presión	
	pequeños >90°	pequeños <90°	pequeños >90°	pequeños <90°	grandes >90°	grandes <90°	grandes >90°	grandes <90°
media	115	72.2	105.2	80.4	126.5	59.2	107.4	82.3
desv. est.	7.5	20.94	12.3	14.7	15.96	18.08	8.83	5.07
95% I.C.	111-119	63.9-80.4	100.2-110.2	76.6-84.4	121.2-131.8	55.8-62.6	101.4-113.4	76.6-88.9
n°	27	27	8	6	38	48	12	9
rango	103-130	30-98	95-133	71-90	95-165	16-86	95-125	76-89

Tab. 1. Distribución de valores estadísticos (media, desviación estandar, coeficiente de confianza 95%, número de integrantes de la muestra y rango) en cada categoría experimental.

maño de animales (pequeño o grande), se produce un solapamiento bastante alto en los resultados. Quizás, la única excepción la constituye el par presión/percusión referente a los ángulos obtusos en animales grandes, la cual volveremos a tratar posteriormente.

Analizando el segundo gráfico (Fig. 3b), que alude a los paños de fractura transversales, podemos ver cómo este solapamiento es especialmente acusado precisamente en el caso que citábamos anteriormente con relación a los paños longitudinales, esto es, al proceder a la comparación entre paños de presión/percusión con ángulos mayores de 90° en animales grandes. Es preciso resaltar que la amplia dispersión que presentan los valores angulares mayores de 90° referentes a las fracturas por percusión en estos paños, no se debe tanto a una muestra más abundante sino principalmente a la gran disparidad que presentan dichos valores. En general, los paños transversales resultan siempre menos representativos en este tipo de análisis, debido a que la cantidad de ellos que aparecen en una muestra de fracturas producidas por percusión o presión es siempre bastante inferior con respecto a

los otros dos tipos. Además, los paños transversales presentan una mayor dispersión de rango en los valores de sus ángulos.

Por último, el gráfico correspondiente a los paños oblicuos (Fig. 3c) muestra cómo en éstos el solapamiento es mínimo, aunque más acusado en las muestras procedentes de animales grandes con respecto a los pequeños. Este tipo de paño es siempre el que se encuentra en mayor abundancia en las fracturas producidas tanto por percusión como por presión, y no cabe duda de que es el más representativo en el análisis que nos ocupa, ya que la muestra aparece siempre muy concentrada en lo que a rango se refiere.

Por otro lado, si analizamos conjuntamente las tres gráficas podremos observar que, en líneas generales, si bien los procesos de percusión y presión no suelen dar paños con ángulos de 90° (2), los producidos por medio de este último procedimiento presentan una mayor tendencia hacia este valor,

(2) Algo que sí ocurre en los casos en que la fractura se produce de forma natural, por medio de procesos diagenéticos una vez que el hueso está seco. Además, en estos casos se da un predominio de paños transversales sobre los otros dos tipos.

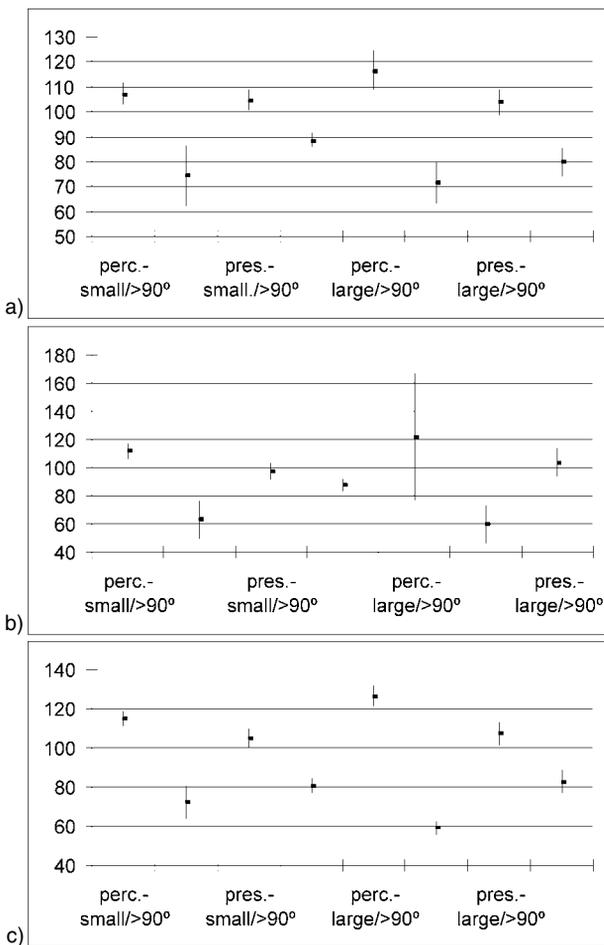


Fig. 3. Distribución de los intervalos de confianza por categoría (animales pequeños y grandes, procesos de percusión y presión), en cada uno de los tipos de paños de fractura: longitudinales (a), transversales (b) y oblicuos (c).

estando en su gran mayoría localizados en un rango entre los 85° y los 110°. Sin embargo, los valores angulares de las fracturas por percusión tienden a alejarse del ángulo recto.

Para finalizar, haremos un inciso en una idea que hemos venido apuntado a lo largo de este epígrafe, y que se plasma en la aparente variabilidad de los datos extraídos de la muestra referente a animales grandes. Esto podría tener una explicación en el hecho de que para fracturar los enormes huesos de éstos, es necesario proceder con golpes mucho más contundentes y repetitivos, lo que produciría una acusada dispersión en el rango de las medidas angulares y, como consecuencia, un importante sesgo en la información (*cf.* tamaño 3 de Capaldo y Blumenschine 1994).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos tras esta experimentación han permitido desarrollar un modelo susceptible de ser utilizado en futuros estudios tendentes a la identificación de actividades de presión y percusión en conjuntos arqueológicos óseos. A través de la cuantificación de los ángulos presentes en los paños de fractura, se ha establecido un criterio diagnóstico que permite diferenciar los distintos tipos de fuerzas que actúan en la fracturación de un hueso y, por extensión, los agentes que intervinieron en la formación del registro. Se muestra como la utilización de paños de fractura oblicuos en muestras amplias puede ser representativo del tipo de proceso que genera la fracturación: carga dinámica por percusión y carga estática por presión. Con ello, se concluye que la aplicación de dichos criterios a conjuntos arqueológicos puede resultar heurísticamente positiva para discriminar entre conjuntos fracturados por carnívoros y por seres humanos.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a un revisor/a anónimo/a que procuró que varios errores no vieran luz y cuyos comentarios fueron muy valiosos. Deseamos dar las gracias a T.R. Pickering y C. P. Egeland por su confianza en nuestro modelo y por su aplicación exitosa en las faunas de Swartkrans. A Ignacio Montero le debemos como siempre su confianza y sus valiosos comentarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCALÁ, L. y MARTÍN, C. 1988: "Fracturación en los metápodos de *Hipparion*". *Geogaceta* 5: 41-44.
- ANCONETANI, P. 1996: "A proposed typology of bone breakeage". En III International Congress of prehistoric and protohistoric sciences. 8-14 Septiembre. 2: 81-87. Forlì.
- ANCONETANI, P.; DÍEZ, C. y ROSELL J. 1996: "Intentional bone fracturing for marrow extraction in Atapuerca and Isernia La Pineta (Italy) Lower Paleolithic sites". 445-453. En XIII International Congress of Prehistoric and protohistoric sciences Forlì. Italia 8/14 Sept. 1996. Proceedings. (ed. Facchini, F.; Palma di Cesnola, A.; Piperno, M. y Pereto, C).
- BADAM, G. L.; GANJOO, R. K. y SALAHUDDIN, Y. 1986: "Preliminary taphonomical studies of some Pleistocene fauna from Central Narmanda Valley, Ma-

- dhya Pradesh, India". *Paleogeography, Paleolimatology, Paleoeology* 53: 335-348.
- BINFORD, L. R. 1981: Bones: ancient men, modern myths. New York, Academic Press.
- BLASCO SANCHO, M.F. 1992: "Tafonomía y Prehistoria, métodos y procedimientos de investigación", Departamento de ciencias de la antigüedad (Prehistoria) Zaragoza.
- BLUMENSCHINE, R.J. y SELVAGGIO M.M. 1988: "Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behavior". *Nature* 333: 763-765.
- 1991: "On the marks of marrow bone processing by hammerstones and hyaenas: Their anatomical patterning and archaeological implications". En J.D. Clark (ed.): *Cultural beginnings. Approaches to understanding early hominid life-ways in the African savanna*. 17-32. Bonn.
- BONNICHSEN, R. 1975: "On faunal analysis and the australopithecines. Current". *Anthropology* 16 635-636.
- 1979: "Pleistocene bone technology in the Beringian refugium". National Museum of man Mercury series. archaeology survey of Canada papers 89. Ottawa.
- BRAIN, C.K. 1981: *The hunters or the hunted?*. Chicago. University Press.
- BRIDAULT A. 1994: "La fragmentation osseuse Modèle d'analyse pour les seres Mésolithiques". *Artefacts* 9 (Outillage pen elabore en os et en bois de cervides IV). 121-129.
- BRUGAL J. P. 1994: "Introduction générale action de l'eau sur les ossements et les assemblages fossils". *Artefacts* 9 (Outillage pen elabore en os et en bois de cervides IV). 121-129.
- BUNN, H. T. 1983 b: "Comparative analysis of modern bone assemblages from a Sam hunter-gatherer camp in a Kalahari Desert Bostwana, and from Spotted hyaena den near Nairobi, Kenya". En J. Clutton-Brock y C. Grigson (eds.): *Animals and Archaeology* 1. Hunters and their Prey. Brititsh Archaeological Reports International Series 163. 143-148 Oxford.
- CÁCERES, I.; BRAVO, P.; ESTEBAN, M.; EXPÓSITO, I. y SALADIÉ, P. 2002: "Frsh and heated bones breakage. An experimental approach". En M. de Rienzi ; M.V. Pardo Alonso; M. Belinchón; E. Peñalver; P. Montoya y A. Márquez-Aliaga (eds.): *Current topics on taphonomy and fossilization*. Valencia 471-481.
- CAPALDO, SALVATORE. D. y BLUMENSCHINE R.J. 1994: "A quantitative diagnosis of notches made by hammerstone percussion and carnivore ganwing in bovid long bones". *American Antiquity* 59: 724-748.
- CHARLES R. 1998. *Late Magdalenian Chronology and faunal Exploitation in The North Western Ardennes*. BAR International Serie 737. Oxford. 250.
- DART, R. A. 1957: "The ostodontokeratic culture of Australopithecus prometheus". *Transval Museum Memoirs* 10: 1-110.
- DÍEZ, J. C. 1985: Tafonomía y zooarqueología, ciencias olvidadas en la Prehistoria. *Revista de Arqueología* 51. 6-7.
- GHOSH A. K. 1974: Ostodontokeratic industry from India. Premier Colloque Intern sur le Industrie de l'os dans le prehistoire Ababaya de Semanque. 151-155
- GIBERT, J.; FERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, B.; CAPORICCI, R. y JIMENO C. 1992 b: "Roturas antrópicas en los huesos de Venta Micena y Olduvay. Estudio Comparativo". En J. Gubert (ed.): *Presencia humana en el Pleistoceno Inferior de Granada y Murcia*. Proyecto Orce-Cueva Victoria (1988-1992): 283-305.
- GIBERT, J.; FERNÁNDEZ, C.; PÉREZ CUADRADO, J. L. y MARTÍNEZ, B. 1993: "Cueva Victoria cubil de carroñeros". En *El cuaternario en España y Portugal* 1.
- GIFFORD GONZÁLEZ, D.P. 1981: "Taphonomy and Paleoecology: A critique review of Archaeology's sister disciplines". En M. Schiffer (ed.): *Advances in Archaeological Method and Theory* 4. Academic Press Orlando: 77-101.
- 1989 a: *Ethnographic analogues for interpreting modified bones: Some cases from East Africa*. In *Bone Modifications*. Ed Bonnicsen R. y Sorg M. H. 179-246, Orono Maine: Center for the study for the first Americans.
- HAYNES, G. 1980 a: Prey bones and predators. Potential ecologic information from analysis of bone site Ossa 7. 75-97.
- 1983 b: «Frecuencias of spiral and green bone fractures on ungulate limb bones in modern surface assemblages». *American antiquity* 48: 102-114.
- 1988 a: "Longitudinal studies of Africant elephant death and bone deposits". *Journal of Archaeological Science* 15 (3): 131-157.
- HILL, A. 1976: "On carnivore and weathering damage to bone". *Current Anthropology* 17 (2): 335-336.
- HOCKETT, B.S. 1993: Taphonomy of the leporid bones from Hogrup Cave, Utah. Implications for Cultural continuity in the eastern Grat basin. A dissertation submitted in partial fulliment of the requeriments for the degree of Doctor of Philosophy in Anthropology. University of Nevada
- JOHNSON, E. 1985: Current developments in bone tecnology en Schiffer (ed) *Advances in Archaeological Method and Theory* Vol 8 157.235. Academic Press. Orlando.
- 1989: "Human modified bones from early Southern Plains sites". En Bonnichsen y Sord (eds.): *Bone Modifications*. Center for the study of early man. Oroso Maine. 431-472.
- LYMAN, R.L. 1984: "Bone density and diferent survivorship of fossil classes". *Journal of Anthropological Archaeology* 3: 259-299.
- 1987: "Archaeofaunas and butchery studies: a taphonomic perspective". En M. Schiffer (ed.): *Advances in Archaeological Method and Theory* 10: 249-337. New York.

- 1989: “Taphonomy of Cervids killed by the 18 May 1980 volcanic eruption of Mount St. Helens, Wasingthon”. In R. Bonnichsen y M. Sorg (eds.): *Bone modification* 149-167 Orono Center for the study of the First Americans, University of Maine.
  - 1994: Vertebrate taphonomy. Cambridge University Press.
- MAREAN, C. W.; ABE, Y.; FREY, C. J. y RANDALL, R. C. 2000: “Zooarchaeological and taphonomic analysis of the Die Kelders Cave 1 Layers 10 and 11 Middle Stone Age larger mammal fauna”. *Journal of Human Evolution* 38: 197-333.
- MARSHALL, L. G. 1989: “Bone modification and “the laws of burial”. In R. Bonnichsen and M. H. Sorg (eds.): *Bone modification* 7-24. Orono University of Maine. Institute for Quaternary Studies, Center for the study of the first Americans.
- MATEOS CACHORRO, A. 1999 b: Alimentación y consumo no cárnico en el Solutrense cantábrico: mandíbulas y falanges fracturadas intencionalmente en el nivel 9 de la cueva de las Caldas (Priorio, Oviedo). *Zephyrus* LII. 33-52.
- MATEOS CACHORRO, A. 2000: “Fracturation anthropique intentionnelle sur mandibules et phalanges dans le niveau VIII de la Grotte de las Caldas (Asturies Spagne)”. *Prehistoire europeenne* 16-17. 255-270.
- MORALES MUÑIZ, A. 1988: “On the use of butchering as a paleocultural index: Proposal of a new methodology for the study of bone fracture from archaeological sites”. *Archaeozoologia* 2 (1,2). 111-150.
- MORLAN, R.F. 1983: “Spiral fractures on limb bones: Wich ones artificial” en LeMoine, G. M. y McEachern, A.S. (eds.): *Carnivores, human Scavengers & Predators: A question of bone technology*. Proceeding of the fifteenth Annual conference. The archaeological association on the university of Calgary. Pp 241-269.
- MYERS, T. P.; VOORHIES, M.R. y CORNER, R.G. 1980: “Spiral fractures and limb bones pseudotools at paleontological sites”. *American Antiquity* 45 (3): 483-490.
- NOE-NYGAARD, N. 1977: “Butchering and marrow fracturing as a taphonomic factor in archaeological deposits”. *Paleobiology* 3 (2). Pp 218-237.
- OUTRAM, A. K. 2001: “A New Approach to Identifying Bone Marrow and Grease exploitation: Why the «Indeterminate»”. Fragments should not be Ignored. *Journal of Archaeological Science*. 28 401-410
- PATOU MATHIS, M. E 1984: Contribution a l’etude des mammiferes des couches superieures de la Grotte du Lazaret. Thèse de 3<sup>e</sup> Cycle inedita Paris.
- 1985: “La fracturation des os longs de grands mammiferes: elaboration d’ un lexique et d’ une fiche type. Outilage peu elabore en os et en bois de evides”. *Artefas* 1. 11-22.
  - 1993: “Étude de la fracturation des os longs de rene. Methode et resultats le niveau Magdalenien Archaïque de la Grotte de Tournall A Bize (Aude)”. En Proceedings of the 1993 Bone modification conference Hot Springs South Dakota Hannus, L. Ressonnsn I & Winham R. P. (dir) Sioux field South Dakota archaeology Laboratory, Augustum College 195-219.
- PÉREZ RIPOLL, M. 1993: “Las marcas tafonomicas en huesos de lagomorfos”. Estudios sobre cuaternario 227-231 M. P. Fumanal y J. Bernabeu J. (ed)
- READ MARTIN, C. E. y READ, D. W. 1975: “Australopithecus scavenging and human evolution. An approach from faunal analysis”. *Current Anthropology* 16. 359-368.
- RUEDA, J.M. 1993: “L’acció antròpica sobre les matèries dures animals durant el Pleistocè del Nord-est de Catalunya”. Tesis Doctoral inédita Univ. de Girona.
- SADEK-KOOROS, H. 1972: “Primitive bone fracturing: a method of research”. *American Antiquity*. 37 369-382.
- 1975 a: “The Serengeti lion. A Study of Predator prey relations”. Chicago University Press.
- SHIPMAN, P. 1979: “Microscopic effects of known taphonomic events on bone and teeth”. Paper presented to American Association of Physical Anthropologist San Francisco.
- 1981: “Life Historia of a Fossil. An introduction to taphonomy and paleoecology”. Harvard University Press.
- SHIPMAN, P. y PHILIPS, J. E. 1976: On scavenging by hominids and other carnivores. *Current antropology* 17 (1): 170-172.
- SHIPMAN, P. y BOSLER, W. y DAVIS, K. L. (1981): Butchering of giant geladas at an Acheulian site. *Current Anthropology* 22. 257-268.
- TODD, L.C. 1987: “Taphonomy of the Horner II Bone Bed”. Frisson y Todd (eds.): *The horner site The type site of the Cody Cultural Complex*: 107-198. Academic Press Orlando.
- VILLA, P. y MAHIEU, E. 1991: “Breakage patterns of human long bones”. *Journal of human Evolution* 20: 1-22.
- ZIERHUT, N. W. 1967: “Bone breaking activities of the calling Lake Cree”. *Alberta Antropologist* 1: 33-36.