

El impacto de los procesos fluviales en la formación de los yacimientos arqueológicos pleistocenos al aire libre: pautas de análisis experimental

IGNACIO DE LA TORRE SÁINZ*

RESUMEN

El análisis de los procesos de formación del registro es un requisito básico para la interpretación correcta de los yacimientos arqueológicos. Un agente fundamental en la configuración de los conjuntos al aire libre es la acción hidráulica, que condiciona la preservación de muchos yacimientos, especialmente los correspondientes a los momentos más antiguos del Paleolítico. Asumiendo los principios del uniformitarismo geológico, podemos proponer que el análisis de fenómenos actuales permite generar marcos referenciales que después sean aplicados como instrumentos analíticos para la interpretación de los conjuntos arqueológicos. En el presente trabajo son revisados los estudios experimentales existentes sobre la problemática del arrastre fluvial, y la relevancia de los resultados a la hora

ABSTRACT

The analysis of formation processes of the record is a basic issue for the correct interpretation of archaeological sites. A Key agent in the configuration of open air sites is the action of water, which affects the site's preservation, especially those sites corresponding to the most ancient paleolithic times. Assuming the principles of geological uniformitarianism, it is possible to propose that analysis of modern phenomena allows us to create referential frameworks which can be applied as means of analysis for the interpretation of archaeological sites. In this paper, available experimental studies relating the problems of fluvial disturbance are revised. Furthermore, the relevance of the results to build actualistic models which work as a reference for the analysis of the archaeological record is considered.

* Dpto. Prehistoria, CSIC. Serrano n.º 13. Museo Arqueológico Nacional. 28001, Madrid, España. E-mail: itorre@ih.csic.es.

de establecer modelos actualistas que sirvan como referencia para el análisis del registro arqueológico.

PALABRAS CLAVE:
Procesos de formación del registro. Yacimientos paleolíticos al aire libre. Tafonomía. Arrastre fluvial. Arqueología experimental.

KEYWORDS:

Formation processes of the archaeological record. Open air paleolithic sites. Taphonomy. Fluvial disturbances. Experimental archaeology.

1. INTRODUCCIÓN: DEFINIENDO LA INTEGRIDAD DE LOS YACIMIENTOS

La escala de inferencias que supone cualquier interpretación arqueológica y que culmina en el planteamiento de las conclusiones tecnoculturales y económicas de un registro concreto, ha de comenzar necesariamente por delimitar con la mayor exactitud posible cuáles fueron los procesos de formación que llevaron a la conservación del yacimiento en cuestión. La actividad de estos agentes dinámicos ha sido objeto de estudio desde los primeros tiempos de la disciplina arqueológica, como prueba que autores tan relevantes como Obermaier (1925) dedicara un capítulo completo (precisamente el primero de su monografía) al problema de los eolitos. No obstante, pese a éste y más allá de las aportaciones de investigadores posteriores muy relevantes como Bordes o Leroi-Gourhan (para un resumen reciente de las ideas de estos autores véanse las síntesis de Vega, 2001; Audouze, 2002), lo cierto es que sólo en las últimas décadas los procesos de formación del registro han llegado a ser parte fundamental de los análisis arqueológicos contextuales.

Precisamente, en 1981 Binford publicó su ya clásico trabajo en torno a la integridad de los yacimientos arqueológicos. Binford hablaba de la *pre-misa pompeyana*, es decir, la noción errónea de que el registro arqueológico representa un momento congelado en el tiempo. Como opción, este autor planteaba la necesidad de entender los sistemas culturales en términos de propiedades organizativas, y explicar así las diferencias y similitudes entre distintos sistemas culturales, dejando de lado la generación de elementos de historia descriptiva. De esta forma, el registro no es una manifestación defectuosa o distorsionada de la realidad etnográfica, sino una consecuencia estructurada de un nivel de organización determinado, que sin embargo no puede ser observado directamente. Este nivel de organización, según Binford (1981), debe ser considerado en un contexto de se-

lección ecológico-evolutiva, y no al nivel de eventos específicos. De este modo, la premisa pompeyana es importante sólo si adoptamos una aproximación estrictamente inductivista al registro arqueológico, esperando encontrar elementos que ofrezcan por sí mismos información directa. En contra de la opinión de Schiffer (1976) sobre los denominados *C-transforms* y *N-transforms*, para Binford (1981, 1983) tales *inputs* culturales y naturales sobre un depósito previo no suponen en absoluto una pérdida de información, ya que el registro arqueológico es una consecuencia de la operación de sistemas vivos y procesos físicos, todos ellos dinámicos, por lo que la modificación es no sólo constante, sino también lógica y esperada.

En su réplica, Schiffer (1985) partía del hecho de que Binford había malinterpretado su marco referencial, y reconocía que ciertamente la mayor parte de los yacimientos arqueológicos no son *pequeñas Pompeyas*. Ahora bien, Schiffer (1983, 1985, 1987) respondía afirmando que la mejor opción a este problema no era otra que estudiar detalladamente los procesos de formación de los yacimientos. De tal modo, aseguraba que podemos acercarnos a los depósitos arqueológicos como si éstos fueran inventarios sistémicos, aplicando técnicas analíticas correctas con el objeto de identificar los procesos de formación y obtener así una base firme para las posteriores inferencias conductuales.

Aprovechando este debate, Petraglia (1987) diferenció dos paradigmas distintos subyacentes a las ideas de Binford y Schiffer. El primer paradigma sería el episódico, que podríamos relacionar con autores como el propio Schiffer, Bordes, Leroi-Gourhan, etc, y que, en opinión de Petraglia, se interesan fundamentalmente por los supuestos suelos de ocupación, siendo su objetivo la traducción de cada unidad arqueológica en un nivel funcional, estudiando el conjunto de actividades que se supone ocurrieron en un breve momento microestratigráfico, y desechando los llamados palimpsestos. Sin embargo, el registro no siempre conserva actividades contemporáneas, por más que los artefactos estén *in situ* o así lo parezcan, por lo que en este caso el paradigma episódico no sería viable. De este modo, Petraglia (1987) defiende la perspectiva procesual; tanto los niveles verticales como los horizontales son el resultado de eventos dinámicos y sistémicos, tanto naturales como culturales. Así, se busca la comprensión de las condiciones que generaron una organización, un patrón, y no simplemente diseccionar los estratos para reconstruir episodios sincrónicos.

Posiblemente lo más útil sea combinar las perspectivas de lo que Petraglia considera paradigmas diferentes, tal y como sugiere Hassan (1987). Así, no debe distinguirse entre episodios y procesos, principalmente porque el registro no consta de restos culturales que son después

perturbados, sino que son todos esos procesos los que constituyen la formación del yacimiento. Es decir, se subraya la presencia de una historia dinámica entre los restos arqueológicos y los procesos previos y posteriores que llevan a la disposición final del depósito (Hassan, 1987). En definitiva, conjugando las ideas del paradigma procesual y la perspectiva episódica, se pone de relieve un problema fundamental; los yacimientos arqueológicos, salvo casos muy excepcionales, no son momentos congelados en el tiempo, en el que sus restos conservan prístinamente un episodio del pasado. Muy al contrario, el registro arqueológico aparece siempre sesgado (a pesar de Binford), tanto por las actividades humanas, los procesos naturales, o por la entropía, el simple paso del tiempo.

No obstante, y como señalan acertadamente Nash y Petraglia (1987), muy a menudo tendemos a usar una escala bipolar, considerando bien que los yacimientos están totalmente intactos (depósitos primarios), o bien se encuentran totalmente removidos (depósitos secundarios). Sin embargo, en la mayoría de los casos nos encontramos ante un término intermedio, y hay que entender que en todos ellos hubo alteraciones en mayor o menor medida. De hecho, «*the term in situ, used to denote undisturbed artifacts, is probably more optimistic than realistic*» (Wood y Johnson, 1978: 317). Por todo ello, parece claro que «*disturbance processes must be reviewed in context with the overall formation of the archaeological record and in terms of degrees of, rather than a presence / absence basis (...). It should be understood that every site is disturbed to some degree*» (Nash y Petraglia, 1987:193).

Los procesos naturales de formación del registro exhiben patrones recurrentes, por lo que las distorsiones pueden ser solucionadas usando instrumentos analíticos e inferenciales que completen nuestro conocimiento de las leyes que gobiernan tales procesos; la tafonomía, la geoarqueología, la etnoarqueología y la arqueología experimental son los elementos fundamentales en la búsqueda del conocimiento de estos procesos de formación. A través de estos distintos medios analíticos e inferenciales, fundamentalmente actualistas, se generará un conocimiento de la historia tafonómica del yacimiento que permita así reconstruir los agentes que intervinieron en el mismo y el grado de resolución y capacidad informativa que se puede extraer de ese registro concreto.

Como es bien sabido, los procesos de formación de los yacimientos se deben a agentes biológicos y físicos. Con respecto a los primeros, los principios del actualismo y el uniformitarismo intentan demostrar que a través del estudio contemporáneo de ciertos mamíferos podemos comprender la conducta de sus antepasados, y reconstruir así cuál pudo ser su interacción con los humanos. Diversas cuestiones derivadas de la aplicabilidad de la

analogía (véase Gifford-González, 1989, 1991) plantean problemas acerca de que el principio de uniformitarismo pueda ser aplicado directamente a la conducta de los seres vivos, pues implica asumir que su comportamiento ha permanecido estático a lo largo de miles de años. No ocurre igual con los agentes físicos, que el uniformitarismo geológico considera como estables; es decir, que debieron actuar en el pasado de similar forma a la actual. Asumiendo este principio, podemos realizar experimentos que intenten simular los procesos que afectaron al registro arqueológico, y aplicar luego los resultados experimentales a cada yacimiento.

Los procesos fluviales están incluidos en el marco conceptual que abarca el uniformitarismo geológico. Esto es, se asume que la observación cuidadosa de los fenómenos modernos, que incluye la réplica experimental, puede generar información actualista con una aplicación válida al registro arqueológico. Como sabemos, la mayor parte de los yacimientos paleolíticos más antiguos, olduvayenses y achelenses, se encuentran casi siempre en contextos sedimentarios asociados a cuerpos de agua. Este patrón no sólo se limita a los asentamientos del Paleolítico inferior, sino que en la Prehistoria reciente (p.e. Turnbaugh, 1978; Brown, 1997) e incluso entre grupos modernos (Gifford, 1977), se observa una tendencia a ocupar el territorio siguiendo los cursos de agua. De este modo, los procesos de sedimentación hidráulica condicionan en gran medida el registro arqueológico.

Desde hace algún tiempo se ha comenzado a observar la importancia del impacto de los procesos fluviales en la integridad de los yacimientos. Por ello, en los últimos años han aparecido varios estudios experimentales destinados a establecer un marco referencial que sirva como base práctica para la comparación con los yacimientos arqueológicos, y ver así el grado de alteración por arrastre fluvial que ha sufrido cada conjunto. De este modo, en las siguientes páginas vamos a sistematizar los trabajos realizados hasta el momento, con el fin de evaluar la importancia y aplicabilidad de estos métodos experimentales al conocimiento de los procesos de formación de los yacimientos, y centrándonos en la importancia que tales conclusiones pueden tener para la interpretación de los conjuntos arqueológicos más antiguos.

2. EXPERIMENTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL EN CONJUNTOS ÓSEOS

Uno de los precursores de los estudios sobre el impacto de los procesos fluviales sobre los yacimientos fue el paleontólogo Michael Voorhies (1969). Este investigador analizó los conjuntos de Verdigre (Nebraska),

pertenecientes al Plioceno inicial, desde una perspectiva tafonómica que en los años 60 aún no estaba ni mucho menos extendida. De este modo, y tras estudiar detalladamente el medio sedimentario, Voorhies registró la orientación preferente del eje mayor de cada resto óseo, así como la orientación estereográfica (buzamiento) de los mismos. Y es que Voorhies había comprendido que una corriente de agua debía afectar a la posición de los huesos en la matriz sedimentaria, adoptando éstos una orientación preferente en el caso de que la corriente fluvial fuera lo suficientemente potente para desplazar los huesos. Tras la excavación, Voorhies concluyó que se trataba del producto de un único momento de deposición en el que se sedimentó todo el conjunto. Así, consideraba que Verdigre era en el Plioceno una ligera depresión en una ancha llanura aluvial en la que un potente paquete sedimentario no clasificado fue depositado durante una crecida del río. Esta interpretación debía sostenerla a través de los datos obtenidos de la excavación. Así, por ejemplo, Voorhies señalaba que la mayor parte de los huesos se encontraban en un buen estado de conservación (ausencia de rodamientos), lo que según él justificaba que todo el conjunto fuera producto de un único episodio de inundación repentina. En cuanto a la representación anatómica, los porcentajes más altos correspondían a los dientes y mandíbulas, seguidos por los metápodos, húmeros, tibias, astrágalos y calcáneos, mientras que los atlas, escápulas y ulnas estaban infrarrepresentados. Encontraba de este modo un sesgo en contra de elementos anatómicos como las vértebras, costillas, sacros y carpales (debidos al arrastre fluvial), cráneos (a causa de procesos de fracturación) y fémures (por la acción de carroñeros). Voorhies interpretó este patrón de representación anatómica como el resultado de un proceso de arrastre de elementos óseos desarticulados procedentes de un punto original de deposición situado a cierta distancia. Esta última hipótesis sería reforzada además por la mezcla en el conjunto de animales de diferentes hábitats. Debido a lo que el autor calificaba de una incompatibilidad ecológica, la única explicación a tal mezcolanza de especies era que «*a flood could collect bones from habitats close to the stream at quite a distance upstream and transport them much farther than bones of species living in the same habitat immediately adjacent to the site of deposition*» (Voorhies, 1969: 58).

Lo verdaderamente importante del estudio de Voorhies fue que éste no se limitó a presentar una interpretación intuitiva de los procesos de formación del yacimiento, sino que quiso apoyar sus conclusiones en una base experimental sólida. Así, llevó a cabo una serie de experimentos que inauguraron los estudios sobre procesos de alteración hidráulicos. De tal modo, en el mismo trabajo que describía el yacimiento de Verdigre

(Voorhies, 1969), este autor presentó los resultados de su innovador proyecto experimental. Voorhies realizó una serie de estudios en un *flume* (un tubo o canal artificial para corrientes hidráulicas) con huesos desarticulados de coyote, oveja, tejón, conejo e incluso restos humanos. Las conclusiones a las que llegó este autor siguen en la actualidad sirviendo como marco referencial tanto para la elaboración de nuevos sistemas experimentales, como para la aplicación directa al estudio de los materiales arqueológicos y paleontológicos. En primer lugar, y en cuanto a los patrones de buzamiento, Voorhies descubrió que tan sólo en 2 de 1200 observaciones los huesos se inclinaron en ángulos de más de 15-20°. En el resto de las ocasiones, e incluso siendo sometidos a corrientes de agua muy fuertes, los restos óseos permanecieron en posición horizontal. Con respecto a las orientaciones preferentes, observó que cuando los huesos largos (fémur, tibia, húmero, y radio) permanecían parcialmente fuera del agua, se daba un alineamiento transversal con respecto a la corriente. Por el contrario, cuando la profundidad era mayor, y los huesos eran cubiertos en su totalidad, éstos adoptaban una posición paralela a la corriente. Con respecto a las mandíbulas, Voorhies observó que cuando éstas descansaban sobre su convexidad, la corriente las desequilibraba y tendían a colocarse hacia arriba. Además, y aunque la orientación de las mandíbulas, debido a su morfología irregular, es menos predecible que la de los huesos largos, Voorhies observó que también tendían a alinearse transversalmente a la corriente en aguas poco profundas, y paralelas cuando estaban totalmente inundadas. Por su parte, los cráneos tendían en sus experimentos a permanecer estables y a no ser transportados, aunque cuando se movían, su eje mayor era siempre transversal a la corriente. Mientras que las vértebras y las costillas no ofrecieron una orientación clara, Voorhies aseguró que las pelvis son los indicadores más sensible de la dirección de la corriente, siempre con los *ilia* paralelos al cauce hidráulico. Tras observar los patrones de orientación preferente de los huesos, Voorhies estudió los grados de dispersión de los restos óseos, diferenciando tres grupos distintos (ver tabla 1); en primer lugar, estarían los huesos que tienden a ser afectados inmediatamente por la corriente, por muy ligera que ésta sea, y a ser transportados por saltación e incluso flotación. De este modo, tales huesos pueden recorrer largas distancias, y es lo que explicaría según Voorhies su escasa representación en los yacimientos ¹.

¹ A pesar de la validez general de las conclusiones de Voorhies (1969), en los últimos años se han hecho matizaciones importantes a su modelo. Así, Speth (1983) señala que muchos de los elementos incluidos en los Grupos I y II de Voorhies, como por ejemplo el esternón o las costillas, son también los de mayor contenido cárnico. De este modo, este tipo de elementos pueden estar

Tabla 1. Los llamados «Grupos de Voorhies»: susceptibilidad de los elementos óseos al flujo hidráulico (a partir de Voorhies 1969:69)

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
COSTILLA VÉRTEBRA SACRO ESTERNÓN Escápula Falange Ulna	FÉMUR TIBIA HÚMERO METÁPODO PELVIS RADIO Escápula Ramus mandibular Falange Ulna	CRÁNEO MANDÍBULA Ramus mandibular

Los restos anatómicos en minúscula son elementos intermedios entre los dos grupos en los que aparecen.

El segundo grupo estaría compuesto por aquellos huesos que tardan más tiempo y necesitan de una mayor energía hidráulica para alterar su posición original, y tienden a moverse por tracción. Por último, el tercer grupo lo formarían aquellos restos que resisten la energía hidráulica, no alterándose su posición original, y quedando así como lo que Voorhies llamó «depósitos de fondo».

El pionero estudio de Voorhies (1969) supuso una verdadera toma de conciencia por parte de arqueólogos y paleontólogos de la necesidad de desarrollar nuevos procedimientos técnicos que permitieran dilucidar los posibles efectos de la modificación hidráulica en los yacimientos. De hecho, lo llamados «Grupos de Voorhies» siguen sirviendo en la actualidad como hipótesis de partida para los trabajos experimentales, que parecen llegar a la misma conclusión que Voorhies con respecto a la existencia de un comportamiento diferencial de los huesos en función de la región anatómica como respuesta a los flujos hidráulicos.

Dejando de lado los estudios de Dodson sobre microvertebrados (ver Shipman, 1981), habrá que esperar hasta mediados de la década de los

infrarrepresentados en los yacimientos por la acción humana, de carnívoros o de carroñeros, pese a que esté demostrada la ausencia de perturbación hidráulica. Por todo ello, SPETH (1983) opina que los Grupos de Voorhies son en cierto modo ambiguos, y no pueden aplicarse sin matizaciones a los yacimientos arqueológicos, especialmente a los *kill sites*.

setenta para volver a contar con nuevos estudios sobre el impacto de los procesos fluviales en los conjuntos óseos. Fue en este caso A.K. Behrensmeyer (1975) quien propuso un nuevo modelo de estudio, centrándose en la zona de Koobi Fora (también Behrensmeyer, 1991). Las novedades que introdujo esta paleontóloga pasaban por un estudio sistemático de la paleoecología de la zona, integrando además aspectos etológicos, tafonómicos y experimentales. De este modo, Behrensmeyer (1975) observó que las carcasas completas y articuladas pueden flotar y transportarse a largas distancias debido a los gases que contienen², al tiempo que pueden ser transportadas partes articuladas, pese a que no floten, siendo el principal factor que limita su transporte el tiempo que aguanten los ligamentos sin descomponerse.

Pero lo más interesante del estudio de Behrensmeyer (1975) fue que insistió en la necesidad de considerar a los huesos como partículas sedimentarias, de manera que pudiera predecirse así su comportamiento en un flujo hidráulico. De este modo, Behrensmeyer llevó a cabo las mediciones, pesos y volúmenes de huesos de distintas especies (hipopótamo, antílope, cerdo, cocodrilo, oveja...). Observó además las diferencias de volumen y densidad de los huesos según estuvieran éstos secos o mojados³, o bien se tratara de huesos meteorizados o frescos. Aunque Behrensmeyer descubrió que las densidades eran muy variables incluso dentro de la misma especie, elaboró unas tablas de las densidades óseas aproximativas según la parte anatómica y el taxón (Behrensmeyer, 1975: apéndice 1). Esto le sirvió para comparar la densidad y el peso húmedo de los huesos con los Grupos de Voorhies que hemos descrito más arriba, observando que existía una correlación positiva. De este modo, lo que Voorhies (1969) había propuesto a través de sus estudios experimentales, Behrensmeyer pudo demostrarlo gracias al análisis de densidades; así, esta autora señaló que el Grupo I de Voorhies coincide con los huesos de menor densidad y tamaño, mientras que los Grupos II y III son huesos más densos que los del primer grupo, aunque no necesariamente más grandes. Lo más relevante de la propuesta de Behrensmeyer era que, a través del análisis de

² Según Behrensmeyer (1975), esto no es frecuente en África oriental debido a la presencia de cocodrilos que desarticulan las carcasas, pero sí advierte de que es posible e incluso habitual en otras zonas ecológicas.

³ El tejido óseo es principalmente hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, que tiene una densidad media de 3.1-3.2. Esta densidad viene determinada por la cantidad de espacios vacíos en el tejido óseo. El tejido esponjoso es menos denso precisamente por tales espacios. Cuando el tejido está vivo, los espacios y la cavidad medular están rellenos de tejidos homopoiéticos, que se desintegran al morir, dejando espacios que se llenan con aire, agua, o sedimento, aumentando así su densidad (SHIPMAN, 1981).

las densidades y pesos de los huesos de distintas especies, y sin llegar a realizar experimentos de arrastre fluvial, deducía cuáles eran los huesos que deberían dispersarse preferentemente al someterlos a la energía hidráulica (véase Behrensmeyer, 1975: tabla 2). Pero esta autora fue más allá, e intentó así establecer una equivalencia hidráulica entre los huesos y los granos de cuarzo. De este modo, asumió que el tamaño de un grano de cuarzo equivalente a un determinado hueso puede calcularse bien usando medidas directas de la velocidad de asentamiento del hueso, o bien haciendo cálculos de las propiedades del mismo (tamaño, densidad y forma del hueso). Behrensmeyer reconocía que se trataba de fórmulas aproximativas, ya que los huesos no tienen la forma esférica de un grano de cuarzo⁴. Pese a ello, realizó una serie de experimentos sobre las velocidades de asentamiento de varios huesos y su equivalencia con los granos de cuarzo (Behrensmeyer, 1975: 492), observando que el factor más decisivo era la densidad⁵. Según la autora, a través de estos experimentos se podría predecir el potencial de transporte. De este modo, si pudiéramos conocer la equivalencia hidráulica de un hueso con respecto a un grano de cuarzo, sería teóricamente plausible predecir qué energía debería llevar el cauce para mover ese hueso. Behrensmeyer concluyó que la mayor parte de los huesos de mamíferos⁶ podrían ser transportados en corrientes con una velocidad entre 10-150 cm/seg., aunque los huesos de animales como el hipopótamo, rinoceronte o elefante necesitarían de una velocidad superior a los 150 cm/seg. Con todo, sus propios experimentos en *flume* le advirtieron de que determinados huesos pueden moverse a velocidades inferiores a sus predicciones, y viceversa, dependiendo de otros factores como la microtopografía, el contexto sedimentario, etc. Además, hay que pensar que las velocidades en el fondo de un canal son usualmente mucho más bajas que en la superficie, variando además de acuerdo con la morfología del fondo. De este modo, si el fondo de un canal es liso, un subnivel de baja velocidad separará la corriente turbulenta en la parte principal del canal de la interfase sedimentaria. Así, partículas que sean más pequeñas

⁴ Según BEHRENSMEYER (1975), la forma del hueso se hace más importante conforme aumenta la superficie con respecto al volumen (por ejemplo las costillas). De hecho, esta autora advierte de que la forma puede afectar a la velocidad de asentamiento del hueso hasta en un 15% de lo predicho a través de la densidad y el tamaño.

⁵ Los experimentos consistían en dejar caer los huesos en un tanque de agua y observar el tiempo que tardaban en depositarse en el fondo, comparando luego estas medidas con las densidades y tamaños.

⁶ Todos los huesos y dientes de microvertebrados se mueven a velocidades muy bajas (menos de 30cm/seg.), por lo que el sesgo por partes anatómicas es menos marcado que en los mamíferos de mayor tamaño (Behrensmeyer, 1991).

Tabla 2. *Características de los conjuntos óseos de Siwalik en función de su contexto sedimentario (adaptado de Badgley 1986:333)*

<i>Característica tafonómica</i>	<i>Medio sedimentario</i>	
	Canal y <i>Crevasse splay</i>	Margen de canal y llanura de inundación
Articulación	Inexistente	Escasas
Distribución espacial	Dispersos	Abundantes concentraciones
Equivalencia hidráulica	Alta	Baja
Porcentaje diente/vértebra	3.3-3.6	1.6-1.7
Intervalo estratigráfico	0.9-3.0 metros	0.3-0.9 metros
Modificaciones en los huesos	pulimento, abrasión	estrías

que el subnivel de baja velocidad permanecerán en su posición original, mientras que aquellas que penetren en la corriente principal serán más susceptibles al transporte. Según esto, huesos pequeños, planos y dientes podrían permanecer en su posición, mientras que otros más grandes y supuestamente más resistentes a la corriente serían transportados, creando grupos estáticos y móviles que no cumplirían las predicciones basadas en las velocidades de asentamiento de Behrensmeyer.

Al igual que Voorhies (1969) realizó sus experimentos con el fin de aplicar los resultados al yacimiento de Verdigre, Behrensmeyer (1975) trató de comprobar la veracidad de sus hipótesis aplicando este sistema de análisis en la zona de Koobi Fora. Allí, esta autora sondeó siete localidades, con el fin de realizar un estudio paleoecológico comparando zonas de llanura de inundación, canal y delta. La ventaja de muestrear diferentes litologías consistía en que ofrecía una visión general de la fauna y los elementos preservados en un ambiente más o menos amplio, y observar si la composición de los conjuntos óseos se vinculaba a distintos procesos sedimentarios. Behrensmeyer documentó que las localidades deltaicas tenían una alta proporción de vértebras y falanges (Grupo I de Voorhies), mientras que las llanuras de inundación y los canales contaban con índices elevados de dientes (Grupo II-III). La presencia en las zonas lacustres- deltaicas de huesos con superficies en buen estado de conservación, algunos de ellos asociados (que no articulados), la ausencia de equivalencia hidráulica con la matriz sedimentaria, y la preservación de todos los elementos anatómicos, demostraban para Behrensmeyer que en estas zonas la perturbación hidráulica había sido muy pequeña. Por el contrario, en los sondeos pertenecientes a medios sedimentarios de canal y llanura de inundación, los conjuntos aparecían sensiblemente alterados, con una alta proporción además de los elementos más duros y re-

sistentes a la erosión, indicando así una importante perturbación por procesos hidráulicos.

A partir de toda esta experiencia de campo, Behrensmeyer (1982, 1988; Badgley y Behrensmeyer, 1980) ha querido sistematizar los diferentes tipos de conjuntos óseos que podemos encontrar, en función del ambiente sedimentario al que estén asociados. Como sabemos, uno de los contextos más predecibles para encontrar restos óseos son los depósitos de canal. En estos medios, se suele inferir que la mayor parte de los huesos son alóctonos, es decir, que han sido transportados desde otro lugar previamente a su enterramiento. Behrensmeyer (1982) explica el proceso normal de incorporación de los restos óseos a un depósito de canal, como el producido a través de la migración lateral del canal, por erosión de sedimentos de la llanura aluvial acompañada por una agradación lateral opuesta a los sedimentos que están siendo erosionados. En este modelo, hay tres modos de incorporación de restos óseos al depósito del canal fluvial: A) Huesos autóctonos del suelo de la llanura aluvial que son erosionados y se incorporan a través del dismantelamiento de las orillas del canal. B) Transporte directo hacia el canal. C) Carcasas originalmente depositadas en el canal. Según Behrensmeyer (1982), los restos óseos que se incorporen al canal por la vía A deberán ser densos y compactos (dientes, mandíbulas, metápodos, etc), ya que serían éstos los supervivientes tras los fenómenos de *trampling*, bioturbación, destrucción química, y finalmente la erosión de las orillas y la redeposición. Por el contrario, los restos transportados directamente hacia el canal serán los menos densos (costillas, vértebras, escápulas), puesto que una ligera corriente a través de la llanura de inundación sólo conseguiría incorporar este tipo de huesos al canal. Por último, las carcasas originalmente situadas en el canal serían fácilmente distinguibles, ya que no presentarán modificaciones por *trampling* de animales, meteorización solar o carroñeo.

Por tanto, la preservación en depósitos de canal es un indicador de que los huesos han experimentado un transporte sustancial previamente a su enterramiento. Esto supone que los depósitos de canal representan palimpsestos de animales de diferentes hábitats, lo que dificulta la reconstrucción paleoecológica. Además, dentro del contexto de un canal, pueden desarrollarse distintas historias tafonómicas vinculadas a diferentes patrones de formación y relleno. Tras estudiar las formas en que un conjunto óseo puede ser incorporado a un depósito fluvial (Behrensmeyer, 1982), esta misma autora investiga la preservación diferencial de los restos en tales canales (Behrensmeyer, 1988). Así, distingue entre conjuntos asociados a canales erosivos y huesos depositados en canales de sedimentación. En los primeros, asociados a sedimentos gruesos, habrá un sesgo

tafonomico hacia los restos óseos más densos (mandíbulas, dientes, metápodos), presentando además éstos signos de abrasión⁷, redondeamientos y orientaciones preferentes del eje mayor de los huesos. Por el contrario, los canales de sedimentación implican ambientes de grano fino que rellenan un cauce tras ser éste abandonado por la corriente activa. De ese modo, los huesos asociados a estos depósitos deberán encontrarse en una posición cercana a la original, no presentando signos de abrasión ni indicios de sesgo tafonomico. Por todo ello, Behrensmeyer (1988) concluye que son estos canales abandonados los más adecuados para la preservación ósea. Con todo, advierte de que, dado un *input* constante de huesos, debe haber un equilibrio entre la sedimentación y el grado de dispersión y descomposición de los restos óseos; así, si la sedimentación es demasiado lenta, los huesos se descompondrán antes de ser enterrados, o pueden ser destruidos tras el enterramiento por la pedogénesis⁸.

El concepto de equivalencia hidráulica aplicado a estudios tafonomicos (Behrensmeyer, 1975) ha sido desarrollado después por otros investigadores como Badgley (1986, 1986b). Esta autora redefine la equivalencia hidráulica de los huesos como la capacidad de transporte de elementos óseos con respecto a la matriz sedimentaria, siendo análoga esta equivalencia al término competencia, definido por el máximo tamaño del sedimento que una corriente puede transportar. Partiendo de esta idea,

⁷ La abrasión de los huesos puede ayudar a discriminar los restos que han sido transportados desde larga distancias de los que están cerca de su lugar original de deposición, aunque la propia Behrensmeyer (1982, 1990, 1991) matiza su validez, ya que el sedimento que corre por un hueso estático también provoca la abrasión de las corticales óseas. Al menos, la abrasión sí es un buen indicador de la interacción del hueso con el sedimento móvil, e informa así indirectamente del tiempo transcurrido hasta el enterramiento definitivo. En los años 80, Shipman y Rose (Lyman, 1994) hicieron varios experimentos sobre los procesos de abrasión ósea, y concluyeron que basta con 35 horas de exposición a la acción de las partículas sedimentarias para que el hueso comience a presentar graves deterioros en su superficie. Según este estudio, se puede averiguar la causa de la abrasión, ya que la acción eólica sólo afecta a la superficie expuesta, mientras que el *trampling* produce, a parte de la abrasión, numerosas fracturas en los huesos (Lyman, 1994).

⁸ Un estudio interesante en este sentido es el de Ferring (1986). Este autor estudió la deposición en medios fluviales, advirtiendo de que los grados de sedimentación dependen de las dinámicas internas de los canales y de factores externos como el clima o la tectónica. Ferring (1986) afirma que para averiguar los índices de sedimentación lo más indicado es realizar series de dataciones en secuencias completas. Así, Ferring pone el ejemplo de los yacimientos holocenos de las Llanuras norteamericanas. Según sus resultados, los grados de sedimentación pueden ser; bajos: <0.1 cm/año, moderados: 0.1-0.5 cm/año, rápidos: 0.5-1 cm/año, y muy rápidos: > 1 cm/año. Por supuesto, la variación dependerá de la parte del río en la que se encuentre el yacimiento, y la estación anual en la que éste se deposite. Además, y ampliando las conclusiones de Behrensmeyer (1988), Ferring (1986) señala que una sedimentación rápida conlleva una superposición de las ocupaciones de un yacimiento. Por el contrario, si la deposición es lenta y el asentamiento se visita constantemente, las ocupaciones se mezclarán formando palimpsestos.

Badgley realizó un estudio sobre las velocidades de asentamiento de diferentes partículas sedimentarias, comparándolas después con distintos tipos de fósiles (ver Badgley, 1986b:128), intentando elaborar de esa forma un modelo predecible de articulación tafonómica para cada medio sedimentario. Partiendo de los estudios previos de Behrensmeyer (1975, 1982, 1988), Badgley (1986, 1986b; Badgley y Behrensmeyer, 1980) aplicó a los conjuntos paleontológicos de Siwalik (Pakistán) el mismo esquema de trabajo paleoecológico que hemos comentado en los párrafos anteriores. De este modo, Badgley diferenció en Siwalik distintos grupos paleontológicos según los ambientes de deposición fluvial. Así, encontró conjuntos de fósiles asociados a depósitos de canal, de *crevasse splay* (canales entrelazados), de margen de canal y de llanura de inundación. Según esta autora, las características de los fósiles de los depósitos de canal eran similares a los encontrados en medios de *crevasse splay* (grupo A) mientras que los de margen de canal y llanura de inundación formaban un conjunto aparte (grupo B). Así, observó que en los depósitos del grupo A no había fósiles en posición articulada, los huesos y dientes se encontraban dispersos, a menudo pulidos y con señales de abrasión, estando asociados además a una matriz de clastos de gran tamaño (equivalencia hidráulica). Así mismo, en los depósitos de canal Badgley identificó estratos de hasta tres metros de potencia, con huesos a diferentes alturas y sin posible asociación, algo que también ocurría, aunque en menor medida, en los conjuntos relacionados con depósitos de *crevasse splay*. Por el contrario, en los depósitos del grupo B los huesos se encontraban tanto dispersos como formando acumulaciones, incluso de un solo taxón y presentando las mismas condiciones de meteorización. Estos conjuntos se encontraron en depósitos de grano fino (lo que indica un ambiente de deposición muy lento), con una potencia nunca superior a los 0'9 metros, lo que permite aumentar las posibilidades de asociación entre los restos, los cuales no presentaban además pulimentos ni signos de abrasión. Badgley (1986, 1986b) realizó también un análisis sobre los índices de dientes con respecto al número de vértebras conservadas⁹. Los resultados fueron coincidentes con los otros estudios; en los conjuntos del grupo A los índices indicaban una ausencia significativa de vértebras, mientras que en los depósitos de margen de canal y llanura de inundación el porcentaje era más equilibrado (tabla 2).

⁹ Siendo los dientes los elementos más densos del esqueleto de los mamíferos, y las vértebras las que presentan menor densidad (y por tanto las más proclives al transporte fluvial), Behrensmeyer (1975) propuso utilizar un índice de dientes/vértebras como un criterio más para concluir el impacto hidráulico sobre los conjuntos.

Todos estos argumentos llevaron a plantear a Badgley (1986, 1986b; Badgley y Behrensmeyer, 1980) que los conjuntos del grupo A eran producto de un importante transporte fluvial, redepositados a lo largo de prolongados espacios de tiempo, mientras que los fósiles del grupo B se interpretaban como concentraciones producidas por la conducta de predadores y carroñeros. En apoyo de todo ello estaría el hecho de que, aunque en los conjuntos del grupo B sólo encontramos el 11% del total de los restos óseos, la mayor parte de los individuos juveniles aparecen en los márgenes de canal (12%) y llanura de inundación (11%), mientras que en los depósitos de canal y *crevasse splay* suponen únicamente el 1%, lo que sin duda está relacionado con la peor conservación de los restos juveniles (más frágiles y pequeños) al ser sometidos al transporte hidráulico (Badgley, 1986). La distribución de individuos por tamaños (Badgley, 1986b) también apoya este argumento; en el grupo A hay una escasa representación de individuos de 1-15 kg, que sí aparecen en los depósitos del grupo B, apuntando de nuevo a una selección por tamaños en los conjuntos más afectados por el transporte hidráulico.

Dejando ahora de lado los intentos de reconstrucción paleoecológica, volvámonos a centrar en los estudios actualistas y experimentales destinados a comprender mejor la conducta de los restos óseos ante las corrientes hidráulicas. Hemos de destacar en primer lugar el estudio etnoarqueológico de Gifford (1977; Gifford y Behrensmeyer, 1977; Rybczynski, Gifford-González y Stewart, 1996; Gifford-González, Stewart y Rybczynski, 1999). En su tesis doctoral, Gifford (1977) estudió el modelo de subsistencia y la cultura material de los grupos Dassanetch del lago Turkana. Uno de los campamentos analizados fue el yacimiento 20, el único que fue sometido a una corriente hidráulica. Tras el inmediato abandono del campamento, en 1973 Gifford identificó los restos óseos conservados y realizó planimetrías sobre la distribución espacial de los huesos en superficie, que después fueron cubiertos por las lluvias. Al año siguiente Gifford excavó el área, obteniendo resultados muy interesantes; antes de las inundaciones se habían documentado unos 200 restos, pero en las excavaciones Gifford recuperó casi 2000 restos, lo que sólo podía explicarse por el efecto del *trampling* sobre el conjunto. En cuanto al impacto de las inundaciones, se observó que las primeras lluvias afectaron a algunos de los huesos situados en el canal principal del río, que fueron transportados corriente abajo (hasta a 23 metros de su posición original), mientras que el resto del conjunto quedó enterrado total o parcialmente. Las posteriores lluvias terminaron por dismantelar el conjunto situado en el cauce, afectando sólo ligeramente a los huesos localizados en los márgenes del canal principal, ya que éstos estaban protegidos por la sedimentación de las llu-

vias previas. En 1976, Gifford (1977) regresó al campamento, y observó que el canal principal había migrado casi dos metros al norte de su posición anterior, situándose ahora en la zona de mayor concentración ósea. De este modo, reflexiona la autora, si ella no hubiera recuperado los huesos tras la excavación de 1974, la nueva fisonomía del canal habría desmantelado completamente el conjunto que suponíamos había sobrevivido al proceso de sedimentación.

Gifford y Behrensmeyer (1977) aprovecharon los restos recuperados en el yacimiento 20 para someterlos a varios experimentos en *flume*, con la intención de predecir el comportamiento de estos huesos ante una corriente hidráulica controlada. Siguiendo las premisas de Behrensmeyer (1975), ya comentadas en los párrafos anteriores, ambas autoras realizaron estudios sobre la equivalencia nominal de huesos de cocodrilo y tortuga (los más abundantes en el campamento 20) con los diámetros de granos de cuarzo. Gifford y Behrensmeyer (1977) concluyeron que no existía una relación predecible entre el peso de un hueso y su conducta hidrodinámica, ya que huesos de diferentes pesos, según estas autoras, tienen una velocidad de asentamiento similar. Recientemente, Gifford-González y otras colaboradoras (Rybczynski, Gifford-González y Stewart, 1996; Gifford-González, Stewart y Rybczynski, 1999) han vuelto a revisar el conjunto óseo del campamento 20, y advierten de que «*the importance of turtles as a food source prehistorically may have been hugely underestimated, possibly as a result of the hydraulic behavior of the bone elements*» (Rybczynski, Gifford-González y Stewart, 1996: 866) ya que los caparazones de tortuga (un animal importante en la dieta de los pueblos que Gifford estudió en el lago Turkana, y que quizás también lo fuera en el pasado) tienden a ser transportados rápidamente por la corriente.

Un interesante programa experimental de investigación sobre conjuntos óseos en medios fluviales ha sido el de East Fork River (Wyoming), que ha durado nada menos que 13 años, entre 1974 y 1987 (Hanson, 1980; Behrensmeyer, 1982; Aslan y Behrensmeyer, 1996). Estos investigadores dejaron huesos de ciervo, vaca, antílope, caballo, conejo, etc, repartidos por el cauce del río East Fork y por su llanura de inundación. Grabaron los huesos y les colocaron aluminio para poder localizarlos después con un detector de metales. Cada año fue disminuyendo el número de huesos que iban encontrando. Observaron además que los huesos como vértebras y falanges fueron transportados en mayor número y a mayores distancias que los huesos apendiculares, mientras que las mandíbulas, escápulas, pelvis y cráneos quedaron prácticamente estáticos. Lo más interesante de los primeros 5 años de experimentación (Hanson, 1980; Behrensmeyer, 1982) fue que la mayor parte de los huesos que recuperaron estaban asociados a *point-bars*,

documentando también que muchos de los restos óseos originalmente en la llanura de inundación, habían sido incorporados a los conjuntos del cauce principal a través de una migración lateral. Así, parecía confirmarse el modelo de captación en el cauce principal de restos óseos que hemos descrito anteriormente. Behrensmeyer (1975) pensaba que este proceso de captación no sería posible, ya que los huesos no podrían sobrevivir a las sucesivas redeposiciones. Sin embargo, los trabajos experimentales de East Fork demuestran que la mayor parte de los huesos en el cauce principal procedentes de la erosión lateral se encontraban en perfectas condiciones. De este modo, se concluye que el proceso de resedimentación de restos óseos a través de la erosión lateral es potencialmente característico de cualquier sistema fluvial excepto, obviamente, en los casos donde no hay movimiento de canales laterales a través de la llanura de inundación (Behrensmeyer, 1982). También es muy interesante que en todos los experimentos, los patrones de distribución de los huesos mostraron evidencias de sesgo hidráulico (Aslan y Behrensmeyer, 1996). Así, pudieron observar que en 1-2 años, los huesos más pesados estaban ya separados de los más ligeros¹⁰; la mandíbula y los huesos más densos permanecían estáticos, mientras que las vértebras, falanges, el sacro, etc, desaparecían rápidamente, ofreciendo un patrón consistente con los experimentos controlados en *flume* (Gifford y Behrensmeyer, 1977; Hanson, 1980; Voorhies, 1969). Por tanto, y tras más de una década de experimentos, Aslan y Behrensmeyer (1996) concluyen que incluso en un pequeño río no muy rápido como el East Fork, en 1-2 años los huesos más ligeros han sido separados de los elementos más densos y pesados. Con todo, estos autores advierten de que los procesos de resedimentación, la incorporación de nuevas carcasas, etc, producen a nivel global palimpsestos en los que hay una mezcla de tamaños y de diferentes estados de meteorización¹¹, por lo que hay que ser cautos a la hora de explicar la formación de los conjuntos, debidos casi siempre a la conjunción de varios episodios independientes.

El último programa experimental desarrollado en ambientes naturales que conocemos es el de Frison y Todd (1986). Estos autores elaboraron

¹⁰ Una excepción en sus experimentos fueron las costillas, huesos muy ligeros, que sin embargo no fueron transportados largas distancias, en comparación con otros restos de similares características. Aslan y Behrensmeyer (1996) piensan que la morfología de las costillas permitiría un enterramiento parcial que inhibiría así el transporte.

¹¹ Los estadios de meteorización de los huesos también se deben a los trabajos de Behrensmeyer (1978), quien distinguió, en base a los restos óseos actuales en Amboseli (Kenia), seis etapas distintas en la destrucción del hueso, el cual desaparecería completamente tras 15 años de exposición subaérea.

una serie de experimentos en un canal fluvial con huesos de elefante, con el fin de establecer un modelo empírico que les permitiera interpretar los restos paleontológicos del *Colby Mammoth Site*, un yacimiento Clovis en Wyoming. En los 9 experimentos realizados, Frison y Todd (1986) registraron las orientaciones de los huesos, su posición, su peso (tanto seco como húmedo), para terminar elaborando un índice de transporte fluvial, en función de las posibilidades de movimiento de cada elemento anatómico. Sus conclusiones con huesos de elefante en un ambiente natural fueron similares a las de Voorhies (1969) para animales de menor tamaño en un medio artificial (*flume*); los huesos con un mayor índice de transporte fluvial eran el sacro, el astrágalo, el calcáneo, y todas las vértebras excepto el atlas. Con un índice medio de transporte fluvial estarían las costillas, escápulas, húmeros, tibias y metacarpos. Los elementos más estáticos, según los experimentos de Frison y Todd (1986), serían el atlas, la mandíbula, la pelvis, el radio-ulna y el fémur. Tras estos análisis, los autores compararon los pesos de cada elemento anatómico y la distancia recorrida, obteniendo una correlación negativa muy fuerte entre los índices de transporte fluvial y el peso húmedo de los huesos. Tras realizar estos experimentos, Frison y Todd aplicaron los resultados al registro de Colby, concluyendo que, si bien había existido cierta acción hidráulica (las vértebras, sacro, etc, estaban poco representadas), el yacimiento se encontraba bastante completo.

El resto de los estudios sobre actividad hidráulica en conjuntos óseos de los que disponemos, se refieren a experimentación en laboratorio (a parte de los ya citados de Voorhies, 1969; Gifford y Behrensmeyer, 1977, contamos con los de Hanson, 1980; Coard y Dennell, 1995; Coard, 1999). El trabajo de Hanson (1980), ya comentado cuando hablamos de los experimentos en East Fork, incorporó también análisis de conjuntos óseos sometidos a corriente hidráulica en un *flume*. Este autor usó huesos de ratón, conejo, perro, oveja y cabra, en un *flume* relleno con arenas gruesas y una profundidad del agua de 15 cms. Como Frison y Todd (1986), Hanson (1980) pesó los huesos secos y después húmedos. En general, el estudio de este autor coincidió con los resultados de Voorhies (1969), diferenciando regiones anatómicas según su respuesta a la corriente hidráulica. No obstante, Hanson no ofrece en su trabajo información sobre las orientaciones de los huesos, sus pesos, medidas ni tamaños, el tiempo transcurrido en cada experimento, velocidad de la corriente, etc, por lo que no es posible para un tercero reconstruir y comparar sus experimentos con los de otros autores. En realidad, Hanson (1980) dedicaba la mayor parte de su estudio a describir complejas fórmulas matemáticas que propone se apliquen a los conjuntos óseos, pero que ni siquiera él mismo de-

sarrolló en sus experimentos, por lo que el interés de sus propuestas es limitado.

Más interesantes son por todo ello los recientes estudios experimentales sobre huesos articulados (Coard y Dennell, 1995; Coard, 1999). Estos autores han subrayado que todos los estudios descritos en las páginas precedentes se realizaron con huesos desarticulados, asumiendo (erróneamente) que no es posible encontrar huesos articulados en conjuntos afectados por corrientes fluviales. De este modo, Coard y Dennell (1995) llevaron a cabo varios experimentos en *flume* con huesos articulados de perro, oveja y macaco, para después compararlos con los resultados obtenidos con huesos desarticulados. Según sus conclusiones, para los restos sin conexión anatómica los huesos largos en las tres especies tienden a orientarse paralelamente a la corriente, al igual que el ilion de la pelvis, siendo además los más propensos al transporte las vértebras, el sacro y los metatarsales, y los más estáticos la escápula, la uina, el radio y la tibia. Estos resultados coinciden en general con el resto de los trabajos previos. Sin embargo, las conclusiones para restos articulados fueron realmente sorprendentes; incluso los huesos que más estáticos habían resultado al estar desarticulados, cuando se colocaron en posición anatómica comenzaron a moverse. Los autores reconocen que los huesos articulados deberían haber permanecido estables, debido a su mayor peso, pero no fue así, probablemente a causa del incremento del área de superficie de los restos, lo que les haría más proclives al transporte. De este modo, concluían que los restos articulados pueden llegar a tener un potencial hidráulico mayor que los segmentos anatómicos desarticulados (Coard y Dennell, 1995: 447). Recientemente, Coard (1999) ha ampliado su programa experimental. Así, realizando otro estudio en un *flume* con los mismos restos óseos (perro, oveja y macaco), Coard (1999) ha observado el comportamiento hidráulico diferencial entre huesos articulados o desarticulados en función de que éstos estuvieran secos o húmedos. Según este autor, los experimentos confirman la tendencia al transporte de los huesos secos y articulados, frente a los húmedos y desarticulados. Además, observa que los únicos restos que flotan en la corriente, estén articulados o no, son los huesos secos, que así mismo son los que alcanzan mayor velocidad y recorren una mayor distancia. Según este modelo, conforme los huesos van absorbiendo el agua, se hunden progresivamente y se vuelven más estables. Es interesante además que tras sólo 3 metros de viaje, los restos ya comienzan a humedecerse y por tanto a hundirse. Por todo ello, Coard (1999) concluye que los huesos húmedos y desarticulados son los que presentan un menor potencial de transporte, frente a los huesos secos y articulados

(en contra de Badgley, 1986). Aunque se tomó el volumen, la densidad, el tamaño y la forma de los restos, e incluso el *shape index*¹² propuesto por Shipman (1981), Coard (1999) señala que ninguno de estos factores influyen en el comportamiento hidráulico de los huesos. De hecho, para este autor sólo el área de superficie (mayor en los huesos articulados) afecta directamente al transporte. Coincidiendo con Voorhies (1969), Coard (1999) observa que la pelvis (con el ilion corriente abajo), escápulas, costillas y huesos apendiculares son buenos indicadores de la dirección del flujo, si bien cuando están articulados no presentan una orientación preferencial. Por el contrario, Coard (1999) señala que la orientación de las vértebras es casual cuando están desarticuladas, mientras que en posición anatómica, éstas se colocan transversalmente a la dirección de la corriente. En suma, las conclusiones de Coard y Dennell (1995; Coard, 1999), señalando la facilidad de encontrar restos articulados transportados por una corriente hidráulica, sirven para que el argumento de la desconexión anatómica no sea tenido como determinante a la hora de considerar un conjunto como resultado de la acción fluvial y, sobre todo, para que la presencia de elementos en conexión anatómica, que tras estos experimentos sabemos pueden recorrer largas distancias, no sea el argumento principal para defender el estado prístino de los yacimientos.

3. EXPERIMENTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL EN CONJUNTOS LÍTICOS

Tras haber estudiado en el apartado anterior la investigación relacionada con restos óseos, debemos centrarnos ahora en los modelos experimentales sobre procesos hidráulicos y material lítico, hasta el momento menos numerosos. Como en muchos otros campos, el precursor de los análisis del impacto fluvial sobre la industria lítica fue G. Isaac, quien realizó una serie de estudios experimentales (Isaac, 1967) antes incluso de la publicación del trabajo de Voorhies (1969). Aunque Isaac incluía en sus

¹² En base a los estudios tafonómicos de los yacimientos paleontológicos de Fort Ternan y Bukwa, Shipman (1981) propone el llamado *shape index* como una analítica válida para interpretar el comportamiento hidráulico de los huesos. Este *shape index* consiste en la división de la máxima longitud del hueso por la máxima anchura. Cuanto mayor sea este índice (es decir, cuanto más largo y fino sea el resto óseo), más proclive será al transporte fluvial. De este modo, la presencia en un yacimiento de pocos huesos con un *shape index* elevado sería indicativo de un sesgo debido a la acción hidráulica (Shipman 1981). Lo cierto es que, hasta el momento, la propuesta de Shipman (1981) no ha tenido éxito, y ningún investigador utiliza esta fórmula para averiguar el impacto de los procesos fluviales sobre los conjuntos óseos.

experimentos conjuntos óseos, no presentó sus conclusiones sobre éstos, centrándose en el estudio del material lítico, del mismo modo que haría después Schick (1984). Isaac (1967) señalaba que, hasta aquel momento, los criterios para hablar de la acción de los procesos hidráulicos sobre los yacimientos habían sido: 1. El tamaño del grano del sedimento en el que se encontraban los artefactos. Los contextos de gravas se interpretaban como evidencia clara de movimiento y transporte. 2. Los rasgos de la sedimentación; signos de erosión, presencia de canales, etc. 3. La conservación del material lítico; la abrasión y el rodamiento de las piezas indicaban transporte. 4. La orientación de las piezas: la orientación preferente de los artefactos denotaba la presencia de un flujo hidráulico. 5. La presencia de remontajes indicaría una escasa perturbación postdeposicional. 6. La conservación diferencial por tamaños debería interpretarse como consecuencia de un sesgo hidráulico.

Sin embargo, Isaac (1967) denunció que todos estos criterios sólo eran válidos para casos extremos de alteración de los conjuntos, pero no serían, o al menos no eran suficientemente resolutivos, para la interpretación de la mayor parte de los yacimientos. De este modo, Isaac apuntaba la necesidad de realizar experimentos con artefactos que pudieran ser movidos por el agua sin mostrar signos tan evidentes de la acción hidráulica, como por ejemplo en zonas de arenas, donde la energía fluvial no es tan obvia como en contextos de gravas. Así, y pensando especialmente en su aplicación a la problemática de Olorgesailie (Isaac, 1977), Isaac (1967) realizó una serie de experimentos con piezas de un tamaño entre los 3-10 cm. (bifaces, hendedores y lascas de lava) en el lago Magadi, en Kenia. Depositó 5 conjuntos en un canal efímero que sólo transportaba agua en la temporada de lluvias. Cuando volvió al cabo de un año, sólo 2 de las 5 concentraciones habían sido afectadas por la corriente. En una de ellas, depositada sobre un sustrato de arenas, las piezas más grandes habían permanecido en su posición original, aunque muchas de ellas se encontraban inclinadas y se habían hundido en la arena. Sin embargo, en el otro conjunto afectado por las aguas, depositado sobre un sustrato consolidado (no indica cuál), la mayoría de las piezas habían abandonado su posición inicial, habiendo sido transportadas una media de 2,3 m. Además, muchas de ellas, como en el caso anterior, habían modificado su orientación, colocándose transversalmente a la corriente. Como conclusión, Isaac (1967) señaló que las piezas en contextos de arenas se comportaban de manera diferente a las situadas en sustratos consolidados, puesto que las primeras podían, al hundirse, mantener su posición original, mientras que en contextos consolidados los artefactos tendían a desplazarse más rápidamente. Además, este autor observó la conducta diferencial de las

piezas más pequeñas, más proclives al transporte que los bifaces y hendedores. El pionero estudio de Isaac, debido a su precocidad, no sistematizó una serie de variables que ahora consideramos importantes, como el peso y las medidas de las piezas. No obstante, sirvió de acicate para la elaboración de nuevos estudios y, aunque de forma intuitiva, sus resultados ya apuntaban a las conclusiones que años después elaboraría Schick (1984). Además, Isaac insistió en la necesidad de incorporar la variable del *trampling* a los experimentos de arrastre fluvial, algo que aún en la actualidad falta por hacer, y que sin embargo es fundamental para explicar la resistencia de los objetos a ser transportados por la corriente.

El programa experimental más completo sobre los procesos de alteración fluvial en los conjuntos líticos es sin duda el de K. Schick (1984, 1987). Este estudio se centró en el número de piezas resultantes en la elaboración de artefactos y la distribución microespacial de los mismos en su relación con el impacto de los procesos hidráulicos sobre los conjuntos líticos. Para ello, Schick (1984) se sirvió de experimentos artificiales en *flume*, y de la simulación de yacimientos en ambientes naturales. Con respecto a los experimentos en *flume*, Schick consiguió resultados muy interesantes; en primer lugar, estableció las velocidades de la corriente necesarias para mover los artefactos según cada tamaño (ver Schick, 1984: capítulo 5), por lo que, según su modelo, y en función de las dimensiones de los artefactos recuperados, se podría predecir (aunque fuera de manera aproximativa) la energía de la corriente que produjo un sesgo hidráulico. Además, estos experimentos pusieron de relieve la importancia de la morfología de las piezas, que según Schick influye de manera determinante en el modo de transporte de la pieza (rodando, deslizándose, etc) y en el grado de movimiento de la misma. De este modo, la esfericidad de las piezas es fundamental, ya que cuanto mayor sea ésta, menor será la energía necesaria para mover las piezas, lo cual es especialmente relevante para los núcleos, de gran tamaño (y por tanto resistentes al transporte), pero sin embargo con una tendencia esférica. Además, la morfología también influye en la estabilidad de la pieza; ante la presencia de la energía hidráulica, las piezas tienden a adoptar una posición de relativa estabilidad en el substrato (normalmente sobre su parte más plana), hasta que la fuerza de la corriente sea lo suficientemente importante como para transportarla, con una conducta similar a la observada por Voorhies (1969) en conjuntos óseos (figura 1); al igual que las mandíbulas y huesos apendiculares, los artefactos alargados (bifaces, hendedores...) tienden a orientar su eje más largo en sentido transversal a la corriente. Así, cuando se mueven, lo hacen deslizándose, manteniendo su eje mayor de manera transversal al flujo hidráulico. Sólo cuando la corriente es muy fuerte las piezas grandes orientan ya su eje

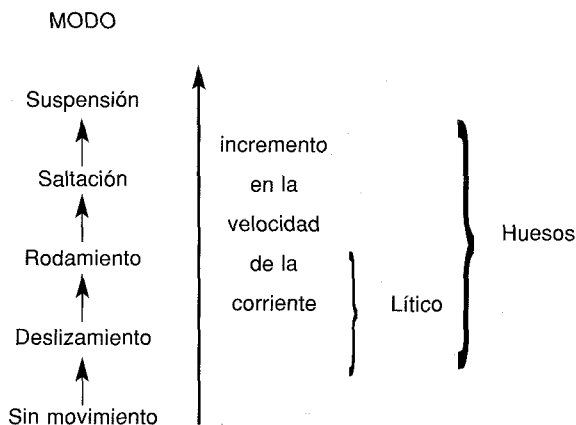


Figura 1. Modos de transporte sedimentario para elementos arqueológicos. Basado en Schick (1984:69).

mayor paralelamente a la dirección del agua. Con todo, Schick (1984) advierte de que estas pautas fueron obtenidas en experimentos en los que no había sedimento en el *flume*. Cuando incorporamos un substrato arenoso, el sedimento tiende a impedir el movimiento de los artefactos. Además, las arenas en suspensión a menudo cubren las piezas, protegiéndolas de la erosión, lo que es especialmente relevante para los artefactos pequeños, más proclives al transporte.

En cuanto a los experimentos de campo, Schick (1984) simuló en el norte de Kenia hasta 43 áreas de talla, situadas en distintos ambientes fluviales (márgenes de lago, canales activos, llanuras de inundación, etc), que controló durante 4 años. Como cabría esperar, los yacimientos simulados que escaparon de las perturbaciones más graves fueron los situados en posiciones topográficas elevadas, ya fuera en islas del cauce fluvial, en las orillas, en determinadas zonas de la cuenca de inundación o los localizados a cierta distancia del canal principal. Con todo, Schick (1984, 1987), insiste en que las transformaciones por agentes sedimentarios deben ser descritas en «grados de modificación», más que en la dicotomía destrucción total/preservación completa de los yacimientos, pues en realidad la mayor parte de los conjuntos que estudió habían experimentado pérdidas de algunos de sus componentes y una redistribución espacial más o menos severa.

Los resultados fueron bastante homogéneos en todos los experimentos; las pérdidas más cuantiosas se referían siempre a las piezas de reducido tamaño, y cuanto más grave era la perturbación hidráulica en el

conjunto, menor era el número de *debris* recuperado, quedando así sobrerrepresentados los artefactos de gran tamaño. La densidad de los conjuntos se veía afectada de igual modo; el número de artefactos disminuía de manera inversamente proporcional a la mayor intensidad de la acción del agua. Lo principal, para Schick (1984, 1987), es que las proporciones de piezas perdidas por el arrastre son inversamente proporcionales al tamaño de las mismas. Con todo, esta autora señala que, aún en los experimentos más perturbados por la acción hidráulica, siempre se conserva un reducido porcentaje de pequeño debitado, nunca siendo éste eliminado del todo. Del mismo modo, los porcentajes de núcleos aumentan cuanto mayor sea la perturbación, aunque nunca son superiores al 3-10% del total. En cuanto a los análisis espaciales, Schick observa patrones recurrentes; así, señala que incluso en los experimentos más afectados, existían áreas muy poco modificadas, o zonas de redeposición (aunque ninguna de la magnitud de las concentraciones originales) con proporciones muy altas de debitado, a veces incluso simulando los índices normales en un área de talla. Del mismo modo, se señala que la acción de la corriente produce un alargamiento de los depósitos, caracterizados por la baja densidad de piezas y el sesgo por tamaños; en las zonas de deposición original, Schick observaba conjuntos densos de artefactos de gran tamaño, y conforme iba avanzando corriente abajo, los restos eran cada vez más pequeños. Otra observación interesante es que en los experimentos realizados en sedimentos margosos, un buen número de artefactos (especialmente los más pequeños) quedaron enterrados, sedimentados e incluso cementados (debido al humedecimiento del substrato en temporada de lluvias y su posterior compactación en la estación seca), lo que permitió su preservación *in situ* incluso después de ser sometidos a fuertes corrientes. Schick también advierte de los peligros de las interpretaciones basadas en la obtención de remontajes, habitualmente considerados diagnósticos de una conservación en posición primaria; el *site 36*, sujeto a una alta energía, y en el que el 90% de los artefactos habían desaparecido de su situación original, retuvo sin embargo varios conjuntos de lascas que permanecieron *in situ*, después de haber sido eliminadas nada menos que 4000 piezas. Además, esta autora también documentó varios casos de remontajes en conjuntos redepositados. De ese modo, Schick insiste en que «*a few instances of conjoining at a site do not necessarily verify that it is undisturbed*» (1984: 130). En cuanto a los buzamientos, Schick observó que cuanto más alta era la energía mayor era la inclinación de los artefactos (especialmente la de los objetos más grandes, pues ofrecen mayor resistencia al agua), asociándose los buzamientos superiores a los 30° a fuertes corrientes y a una redistribución masiva. Con respecto a la orien-

tación de los materiales, los estudios de Schick (1984, 1987) coinciden con las conclusiones obtenidas por Isaac (1967); en los depósitos sometidos a un fuerte estrés hidráulico, los artefactos más grandes disponían su eje mayor de manera transversal a la corriente, mientras que los más pequeños se colocaban paralelamente. De este modo, una orientación bimodal de los artefactos podría funcionar como indicador general de la dirección y capacidad del flujo hidráulico.

Schick (1984) no se limitó a establecer un marco referencial experimental para el análisis de la integridad de los yacimientos, sino que quiso comprobar su validez aplicando sus conclusiones al registro arqueológico, concretamente a los conjuntos Plio-Pleistocénicos de Koobi-Fora. Aunque en algunos de los yacimientos (FxJ 1, FxJ 3 y FxJ 10) no obtuvo resultados concluyentes, en otros muchos sí pudo realizar ciertas inferencias sobre el impacto del transporte fluvial sobre los mismos. Así, por ejemplo, en FxJ 16 observó que las piezas más grandes se concentraban en lo que se suponía era la parte alta del canal, mientras que los restos de talla se localizaban, con orientaciones preferentes, corriente abajo, por lo que interpretó que el yacimiento había sido afectado profundamente por la acción hidráulica. Algo similar concluyó esta autora para el yacimiento FxJ 33, mientras que en FxJ 63 observó un patrón muy claro en las orientaciones de las piezas; los objetos con un tamaño superior a los 8 cm mostraban un patrón bimodal, con artefactos situados de manera transversal a la supuesta dirección de la corriente, y otros paralelamente. Schick (1984) estudió otros yacimientos como el FxJ 50, analizando sus conjuntos siempre desde esta perspectiva tafonómica, y ofreciendo así un marco de análisis que debería ser aplicado a otros yacimientos en un contexto y con una problemática similar.

Los experimentos sobre arrastre fluvial con industria lítica no han sido numerosos después del trabajo de Schick (1984), y sólo cabe destacar los estudios de Petraglia y Nash (1987) y Harding *et al* (1987). El primero de ellos fue llevado a cabo en la llanura de inundación del cañón de Jemez, en Nuevo México. Esta zona permanece seca durante la mayor parte del año, salvo en la época de primavera, en la que los canales estacionales transportan agua procedentes de los deshielos. Petraglia y Nash (1987) realizaron en esta región ocho experimentos con industria lítica (grupos de 60 piezas, incluyendo obsidiana, sílex y cuarzo), tomando las medidas que ya concibió Schick (1984) —longitud, anchura y grosor— y añadiendo un nuevo e importante factor; el peso de cada artefacto. Se repitieron tres veces las planimetrías de los ocho experimentos, uno tras seis meses, otro tras un año, y un tercero después de dos años. Los resultados fueron muy interesantes; en la estación A, situada sobre sedi-

mentos eólicos de grano fino, el movimiento medio de los artefactos tras dos años fue de 11 cm, debido a los efectos de crioturbación y perturbación por animales. Este experimento no fue afectado por procesos hidrológicos, lo que le hacía ideal para la comparación con los que sí estuvieron sujetos a la acción de las corrientes. La estación B se colocó en una ladera, con el objeto de estudiar la acción de las escorrentías que fluyen estacionalmente por esa pendiente. Con todo, después de dos años, la media de transporte de los artefactos no superaba los 13'3 cm. Por su parte, la estación C fue depositada en un canal estacional de gravas, pero una fuerte crecida la dismanteló completamente, no recuperándose ninguno de los artefactos. En la estación D, situada en un canal estacional con una matriz de arenas, algunas piezas fueron transportadas, pero otras muchas se hundieron en el sedimento y resistieron así la acción de la corriente. La estación E, localizada en la intersección en una llanura de inundación, se caracterizaba por una matriz arcillosa que, debido a los agrietamientos por diferencias entre momentos secos y lluviosos, acabó incorporando las lascas al sedimento, protegiéndolas así del transporte. La localidad F se situó sobre un canal estacional de arenas, en el que gran parte de las lascas fueron desplazadas, con una media de transporte de 7'5 cm aunque, como en la estación D, muchos artefactos quedaron enterrados y resistieron así la acción de las aguas. La estación G no fue afectada por las lluvias, mientras que el experimento H, situado en la llanura de inundación, fue enterrado intencionalmente. La posterior inundación de la localidad no afectó en nada a las piezas, y cuando el conjunto fue excavado la mayor parte de los artefactos continuaban en su posición original, gracias a su enterramiento previo.

En realidad, los experimentos de Petraglia y Nash (1987) no aportaron nuevas ideas a los trabajos previos de Schick (1984). Esto puede deberse, quizás, a que no realizaron suficientes experimentos (sólo ocho), y además, cada uno de ellos obedecía a unas condiciones de preparación y a un ambiente de deposición distinto, de modo que no contaron con una muestra suficiente. A mi entender, lo único relevante de sus conclusiones fue que la variable «peso», que no había sido contemplada por Schick (1984), en realidad no afectaba a la disposición de los artefactos.

Más interesante es el estudio de Harding *et al* (1987), quienes manufacturaron varias series de bifaces que depositaron sobre un lecho de gravas en Gales, con el objeto de analizar el movimiento y las huellas microscópicas provocadas sobre aquéllos por la corriente. En realidad, el primer estudio sobre este campo fue hecho por Shackley (1974), quien reconoció siete estadios de abrasión en los artefactos líticos, y habló de cuatro factores principales que determinaban el grado de abrasión debido

a la acción fluvial; la dureza de la materia prima, la velocidad de la corriente, la forma del artefacto y la litología del lecho aluvial. Según Shackley (1974), había dos tipos de huellas provocadas por la acción hidráulica; el microlascado resultante de la colisión de los clastos, y el redondeamiento progresivo de los bordes de las piezas por la abrasión.

Los análisis de Harding *et al* (1987) quisieron determinar la validez de las conclusiones de Shackley (1974), y comprobar también el grado de transporte de los bifaces, de manera similar al estudio ya comentado de Schick (1984). De esta manera, Harding y sus colaboradores observaron que, tras la temporada de crecidas, 59 de los 60 bifaces depositados habían experimentado algún tipo de transporte. Sus resultados fueron francamente interesantes; observaron la existencia de una correlación positiva muy fuerte entre la pérdida de peso de las piezas debida al rodamiento, y la distancia a la que los bifaces habían sido transportados. Es realmente curioso que la pérdida máxima de peso (5'8 gramos) representaba el 2'52% del peso original de la pieza, y que ese bifaz en cuestión habría sido clasificado como *fresco* (es decir, como poco transportado), según el sistema tradicional de Wymer (Harding *et al* 1987). El análisis traceológico que realizaron fue también interesante, aunque plantea algunos reparos, ya que sólo se hizo sobre siete bifaces (en una muestra de 59), que además no habían sido analizados previamente a su inclusión en el cauce fluvial, por lo que no contaban con un referente sobre la superficie de las piezas. Los autores reconocen que no es posible establecer índices fiables de modificación microscópica de la superficie de los artefactos en relación al transporte fluvial, ya que algunos pulimentos se desarrollan en el proceso de manufactura de los útiles, y numerosos redondeamientos de los bordes se deben a causas pedogenéticas, y no hidrológicas (Harding *et al*, 1987). Con todo, estos investigadores observan que existe un claro incremento de las huellas microscópicas y una sensible pérdida de peso conforme aumenta la distancia que han recorrido las piezas. Insisten además en que el pulimento se desarrolla rapidísimamente según el transporte que experimente la pieza, y documentan que, después de tan sólo 38 metros de viaje, los desconchados y pulimentos aparecen bien desarrollados en todos los artefactos (Harding *et al*, 1987).

4. CONCLUSIONES

En las páginas precedentes hemos tratado de sistematizar los estudios sobre el transporte fluvial en conjuntos líticos y óseos. Parece claro que la conducta de los materiales arqueológicos y paleontológicos en medios flu-

viales dependen de múltiples factores, tal y como hemos ido señalando a lo largo de los anteriores apartados.

En cuanto a los conjuntos óseos, Hanson (1980) enumera la multiplicidad de causas que influyen en el comportamiento hidráulico de los huesos, como son la profundidad y anchura del cauce, la velocidad de la corriente, el tipo de sedimento, la geometría del canal, el grado de migración lateral, la agradación *versus* la erosión de los depósitos, la topografía del substrato, el tamaño de los clastos, así como la forma, tamaño, peso y densidad de los huesos. Todos estos factores son fundamentales y confluyen en el transporte, enterramiento y/o destrucción de los restos óseos.

De este modo, Hanson (1980) ha clasificado los conjuntos óseos en función de la incidencia fluvial sobre los mismos (ver un modelo simplificado en Badgley, 1986 y en nuestra tabla 3). Así, se habla de un Grupo 1, en el que el impacto fluvial ha sido mínimo, y los conjuntos se encuentran en posición primaria. En el Grupo 1A, el agua nunca habría afectado a los restos, e incluso los elementos con más tendencia a ser transportados quedarían en su posición original. En el Grupo 1B, los restos más pequeños habrían sido transportados, aunque la incidencia del agua no habría incidido de manera traumática sobre el conjunto (Hanson pone los ejemplos de zonas de delta, llanuras de inundación, etc). El Grupo 2 de Hanson son ya conjuntos muy alterados por la acción hidráulica, pudiendo haber sido transportados incluso los elementos más grandes y pesados. De este modo, el Grupo 2A lo constituirían aquellos conjuntos en posición secundaria situados en zonas de baja energía como las áreas de *crevasse splay*, cuencas de drenaje interno, etc, en las que estarían representados

Tabla 3. *Características de los depósitos según los agentes envueltos en su formación (adaptado de Badgley 1986:332)*

<i>Condiciones de transporte</i>	
Transporte inexistente	Huesos en posición articulada, formando concentraciones, porcentajes elevados de individuos juveniles, sesgo hidráulico ausente, huesos fracturados pero no pulimentados.
Predadores y carroñeros	Articulación variable, algunos huesos formando concentraciones, índice moderado-alto de individuos juveniles, sesgo hidráulico ausente, fracturas, marcas de dientes.
Corrientes hidráulicas	Articulación ausente, especímenes dispersos, índice moderado de individuos juveniles, huesos con pulimento, abrasión, presencia de sesgo hidráulico (por tamaños).

principalmente los elementos más tendentes al transporte. Por su parte, el Grupo B serían ya aquellas acumulaciones en la que aparecen removidos todo tipo de elementos, depositadas en lechos de canal y *point bars* (Hanson, 1980).

En cuanto a los estudios sobre transporte fluvial en industrias líticas, y como hemos venido señalando, los trabajos más completos han sido los de Schick (1984, 1987). Esta autora asegura categóricamente que la distribución por tamaños del debitado producido en la manufactura lítica es extremadamente regular y por tanto predecible, existiendo además una distribución espacial característica en las zonas de talla. Así, el análisis microespacial es según Schick (1984) un indicador fundamental de la incidencia de los procesos naturales sobre los conjuntos líticos. De este modo, en los casos en los que exista una distribución de artefactos concentrados por tamaños, se puede afirmar que la actividad hidráulica ha sido importante. Esta perturbación fluvial, según Schick (1984), influye en:

1. La pérdida progresiva de los restos líticos más pequeños.
2. Estrechamiento y alargamiento de los yacimientos (Schick habla de extensiones de hasta varias decenas de metros) en dirección a la corriente.
3. Reducción de la densidad de artefactos.
4. Alteración de la distribución por tamaños.
5. Además, los yacimientos situados sobre sedimentos margosos pueden quedar atrapados en la matriz, resistiendo posteriores erosiones (Schick, 1984, 1987; Petraglia y Nash, 1987; Nash y Petraglia, 1987). Con todo, la presencia de margas (características de ambientes lentos de deposición) no implica automáticamente que el yacimiento no haya experimentado alteraciones, pues el antiguo sistema fluvial podría transportar en esa zona sedimentos finos, pero ser perfectamente capaz de arrastrar clastos de mayor tamaño.
6. Por todo ello, no basta con las evidencias microsedimentarias, y hay que analizar el rodamiento y abrasión de las piezas (Shackley, 1974; Harding *et al*, 1987; Shea, 1999), siendo también en este campo precavidos, ya que fuertes inundaciones que desmantelen completamente los conjuntos pueden enterrar restos sin modificaciones microscópicas observables (Schick, 1984).
7. De hecho, la disposición en superficie o en el subsuelo de las piezas es un factor importante en la preservación de los yacimientos en medios fluviales, ya que el enterramiento inmediato puede proteger al conjunto del arrastre hidráulico (Petraglia y Nash, 1987: 126).

Como se habrá podido observar, contamos con un buen número de trabajos actualistas relacionados con la comprensión de los procesos naturales de transporte hidráulico. Sin embargo, también habrá quedado patente que es difícil presentar un marco conjunto y estructurado de las conclusiones a las que se han llegado tras más de 20 años de experimentación. En

realidad, ese marco sintético es hasta el momento imposible de realizar, lo que sin duda es una de las razones por las que la comunidad científica no ha incorporado a la rutina de excavación e interpretación de los yacimientos las conclusiones disponibles. En nuestra opinión, todo ello se debe a una serie de factores:

1. Muchos de los trabajos mencionados se llevaron a cabo con un talante puramente inductivista, realizando experimentos aislados, no aplicables a la problemática concreta de un yacimiento dado y presentando conclusiones artificiosas y por tanto inútiles para su aplicación al registro arqueológico.

2. Cada autor que ha realizado un nuevo experimento, lo ha hecho con independencia de los ya existentes, utilizando variables y condiciones de experimentación y observación distintas, de modo que no pueden ser comparados unos trabajos con otros. De este modo, es imposible establecer modelos generales que integren toda la investigación sobre un mismo tema.

3. Aún cuando se han propuesto modelos globales de interpretación, estableciendo pautas de aplicación específicas con una metodología concreta, como es el caso de los trabajos de Behrensmeyer (1975) o Schick (1984), éstos no han tenido continuidad en posteriores investigaciones, ni siquiera las llevadas a cabo por las propias autoras.

4. Muy pocos de los experimentos realizados se hacían con el objeto de aplicarlo a un yacimiento concreto (a excepción de trabajos como los de Schick, 1984; Dechant Boaz, 1994; Behrensmeyer 1975; Frison y Todd, 1986, etc), de modo que tampoco han servido para que otros autores distintos se animaran a utilizarlos en sus propios yacimientos.

En la actualidad nos encontramos con un buen número de trabajos actualistas sobre el impacto de los procesos hidráulicos en los yacimientos, pero no disponemos de un corpus estructurado de datos que nos permita aplicar modelos inferenciales al registro arqueológico. En definitiva, la distribución por tamaños, los buzamientos, las orientaciones preferentes, las densidades diferenciales de artefactos y restos óseos, la matriz sedimentaria, las marcas microscópicas, y en suma todos los factores que hemos estado exponiendo en las páginas previas, deben incorporarse en un modelo de análisis que permita argumentar el impacto de los procesos fluviales sobre los conjuntos arqueológicos. Ciertamente, podemos parafrasear a Schick cuando señala que «*these criteria cannot be offered in the form of a cut-and-dried 'cookbook' formula by which quantitative site data can be evaluated*» (1987: 102). No obstante, creemos también que toda la experiencia acumulada a partir de estos estudios actualistas debe funcio-

nar como un requisito básico a la hora de comprender los procesos de formación de los conjuntos, a través de la creación de un marco conceptual y metodológico que sintetice todos estos conocimientos y los incorpore a la interpretación de los yacimientos arqueológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ASLAN, A.; BEHRENSMEYER, A.K. (1996): Taphonomy and Time Resolution of Bone Assemblages in a Contemporary Fluvial System: The East Fork River. *Palaeos*. 11(5):411-421.
- AUDOUZE, F. (2002): Leroi-Gourhan, a philosopher of Technique and Evolution. *Journal of Archaeological Research*. 10 (4): 277-306.
- BADGLEY, C. (1986): Counting Individuals in Mammalian Fossil Assemblages from Fluvial Environments. *Palaeos*. 1(3):328-338.
- BADGLEY, C. (1986b): Taphonomy of Mammalian Fossils Remains from Siwalik Rocks of Pakistan. *Paleobiology*. 12:119-142.
- BADGLEY, C.; BEHRENSMEYER, A.K. (1980): Paleocology of Middle Siwalik Sediments and Faunas, North Pakistan. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*. 30:133-155.
- BEHRENSMEYER, A.K. (1975): The Taphonomy and Paleocology of Plio-Pleistocene Vertebrate Assemblages East of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 146(10):473-578.
- BEHRENSMEYER, A.K. (1978): Taphonomic and Ecologic Information from Bone Weathering. *Paleobiology*. 4 (2):150-162.
- BEHRENSMEYER, A.K. (1982): Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology*. 8(3): 211-227.
- BEHRENSMEYER, A.K. (1988): Vertebrate preservation in fluvial channels. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*. 63:183-199.
- BEHRENSMEYER, A.K. (1990): Transport-hydrodynamics: bones. *Palaebiology: a synthesis*. (D.E.G. Briggs y P.R. Crowther, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 232-235.
- BEHRENSMEYER, 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.
- BEHRENSMEYER, A.K.; DECHANT BOAZ, D.E. (1980): The Recent bones of Amboseli Park, Kenya, in relation to East African Paleocology. *Fossils in the Making*. (A.K. Behrensmeier y A. Hill, eds.). University of Chicago Press. 72-92.
- BEHRENSMEYER, A.K.; GORDON, K.D.; YANAGI, G.T. (1986): Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks. *Nature*. 319:768-771.
- BINFORD, L.R. (1981): Behavioral Archaeology and the Pompeii Premise. *Journal of Anthropological Research*. 37:195-208.
- BINFORD, L.R. (1983): Forty-seven Trips: A Case Study in the Character of Archaeological Formation Process. *Working at Archaeology*. (L.R. Binford, ed.). Academic Press, New York, 243-268.
- BROWN, A.G. (1997): *Alluvial Geoarchaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 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.
- DECHANT BOAZ, D.E. (1994): Taphonomy and the Fluvial Environment. Examples from Pliocene Deposits of the Shungura Formation, Omo Basin, Ethiopia. *Integrative Paths to the Past. Paleoanthropological Advances in Honor of F. Clark Howell*. (R.S. Corrucchini y R.L. Ciochon, eds.). Prentice Hall, New Jersey Inc, 377-414.
- FERRING, C.R. (1986): Rates of Fluvial Sedimentation: Implications for Archaeological Variability. *Geoarchaeology*. 1: 259-274.
- FRISON, G.C.; TODD, L.G. (1986): *The Colby Mammoth Site. Taphonomy and Archaeology of a Clovis Kill in Northern Wyoming*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

- GIFFORD, D.P. (1977): *Observations of Modern Human Settlements as an Aid to Archaeological Interpretation*. Tesis doctoral, University of California, Berkeley, Ann Harbor, University Microfilms International.
- 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-GONZÁLEZ, 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.
- GIFFORD-GONZÁLEZ, D.P.; STEWART, K.M.; RYBCZYNSKI, N. (1999): Human Activities and Site Formation at Modern Lake Margin Foraging Camps in Kenya. *Journal of Anthropological Archaeology*. 18: 397-440.
- HANSON, C.B. (1980): Fluvial taphonomic processes: models and experiments. *Fossils in the making*. (A.K. Behrensmeier y A.P. Hill, eds.). University of Chicago Press, Chicago. 151-181.
- HARDING, P.; GIBBARD, P.L.; LEWIN, J.; MACKLIN, M.G.; MOSS, E.H. (1987): The transport and abrasion of flint handaxes in a gravel-bed river. *The human uses of flint and chert*. (G. de G. Sieveking y M.H. Newcomer, eds.). Cambridge University Press, 115-126.
- HASSAN, F.A. (1987): Re-forming Archaeology: A Foreword to Natural Formation Processes and the Archaeological Record. *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*. (D.T. Nash y M.D. Petraglia, eds.). BAR International Series 352, Oxford, 1-9.
- ISAAC, G.L. (1967): Towards the interpretation of occupation debris: some experiments and observations. *Kroeber Anthropological Society Papers*. 37: 31-57.
- ISAAC, G.L. (1977): *Ologesailie: Archaeological Studies of a Middle Pleistocene Lake Basin in Kenya*. Chicago, University of Chicago Press.
- LYMAN, R.L. (1994): *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, New York.
- NASH, D.T.; PETRAGLIA, M.D. (1987): Natural Formation Processes and the Archaeological Record: Present Problems and Future Requisites. *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*. (D.T. Nash y M.D. Petraglia, eds.). BAR International Series 352, Oxford, 186-204.
- OBERMAIER, H. (1925): *El Hombre Fósil*. Ediciones Istmo, Madrid
- PETRAGLIA, M.D. (1987): *Site Formation Processes at the Abri Dufaure: A Study of Upper Paleolithic Rockshelter and Hillslope Deposits in Southwestern France*. University of New Mexico, Albuquerque, Ann Harbor, University Microfilms International.
- PETRAGLIA, M.D.; NASH, D.T. (1987): The impact of fluvial processes on experimental sites. *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*. (D.T. Nash y M.D. Petraglia, eds.). BAR International Series 352, 108-130.
- RYBCZYNSKI, N.; GIFFORD-GONZÁLEZ, D.; STEWART, K.M. (1996): The Ethnoarchaeology of reptile remains at al Late Turkana occupation site, Kenya. *Journal of Archaeological Science*. 23(6): 863-867.
- SCHICK, K.D. (1984): *Processes of Palaeolithic Site Formation: An Experimental Study*. Tesis doctoral, University of California, Berkeley, Ann Harbor, University Microfilms International.
- 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. (1976): *Behavioral Archaeology*. Academic Press, New York.
- SCHIFFER, M.B. (1983): Toward the identification of formation processes. *American Antiquity*. 48:675-706.
- SCHIFFER, M.B. (1985): Is there a Pompeii Premise in Archaeology?. *Journal of Anthropological Research*. 41: 18-41.
- SCHIFFER, M.B. (1987): *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press. Albuquerque.
- SHACKLEY, M.L. (1974): Stream abrasion of flint implements. *Nature*, 248: 501-502.
- SHEA, J.J. (1999): Artifact Abrasion, Fluvial Processes, and «Living Floors» from the Early Paleolithic Site of 'Ubeidiya (Jordan Valley, Israel). *Geoarchaeology*. 14(2): 191-207.
- SHIPMAN, P. (1981): *Life History of a Fossil. An Introduction to Taphonomy and Paleoecology*. Harvard University Press. Massachussets.

- SPETH, J.D. (1983): *Bison Kills and Bone Counts. Decision Making by Ancient Hunters.* University of Chicago Press.
- Turnbaugh, W.A. (1978): Floods and Archaeology. *American Antiquity*. 43(4):593-607.
- VEGA, L.G. (2001): Aplicación de la metodología de los programas de investigación al análisis historiográfico del Paleolítico. *Complutum*. 12: 185-215.
- VOORHIES, M.R. (1969): Taphonomy and Population Dynamics of an Early Pliocene Vertebrate Fauna, Knox County, Nebraska. *Contributions to Geology, Special Paper 1*. University of Wyoming.
- WOOD, W.R.; JOHNSON, D.L. (1978): A Survey of Disturbance Processes in Archaeological Site Formation. *Advances in Archaeological Method and Theory*. (M.B. Schiffer, ed.). Academic Press, New York. Vol. 1, 315-381.