

HISTORIOGRAFÍA DE LAS EXPERIMENTACIONES CON PUNTAS DE PROYECTIL PREHISTÓRICAS

RAFAEL DOMINGO MARTÍNEZ¹

RESUMEN.— En este artículo se efectúa una revisión historiográfica de las principales investigaciones efectuadas en el campo de la experimentación con armas prehistóricas tanto con puntas óseas como con puntas líticas. Se analizan en detalle las ventajas e inconvenientes de orden práctico de cada uno de esos tipos a partir de los datos obtenidos en numerosos programas experimentales.

PALABRAS CLAVE: Prehistoria, experimentaciones, puntas de proyectil, análisis funcional.

ABSTRACT.— This article deals with the most important researches carried out in the field of the experiments with prehistoric weapons, focusing not only on the osseous points but also on the lithic points. It analyses in full the practical advantages and disadvantages of each type based on the results of many experimental programs.

KEY-WORDS: Prehistory, experimentations, projectile points, use-wear analysis.

Introducción

La redacción del presente artículo surge a partir de la Tesis de Licenciatura leída por el autor en diciembre de 1998, uno de cuyos apartados estaba dedicado al tema de la experimentación con puntas de proyectil. Con su publicación es nuestro deseo contribuir a la sistematización de los estudios sobre puntas de proyectil, ofreciendo para ello un resumen de los programas experimentales publicados; los que aquí presentamos son los más completos desde el punto de vista científico y técnico: siguen pautas de actuación rigurosas y se ciñen escrupulosamente a procedimientos plausibles desde el punto de vista de la supuesta realidad prehistórica.

Debido a que apenas contamos con arcos y propulsores conservados, se ha intentado averiguar el funcionamiento de las armas prehistóricas a partir de los únicos restos que han llegado hasta nosotros: las puntas de proyectil. Para ello se ha acometido en los últimos años una línea de investigación que consideramos de gran interés,

llegando incluso a formarse grupos de trabajo como el responsable del programa T. F. P. P. (Tecnología funcional de las puntas de proyectil prehistóricas), en cuyo marco se han desarrollado varios de los programas que referiremos más adelante. Uno de los objetivos principales de los experimentos emprendidos por diversos autores es comparar las huellas de uso obtenidas en las réplicas con las que se pueden observar en las piezas encontradas en yacimientos. Otro tipo de actuaciones se han centrado en la reproducción y comparación de algunos de los daños que sufren tipos específicos de puntas líticas u óseas, así como en medir el rendimiento de diferentes clases de propulsores y de arcos. Intentaremos ofrecer una visión general de todos estos estudios, destacando las principales conclusiones a que han llegado.

Incluimos a continuación un cuadro sintético a partir de datos facilitados por Knecht (1997a), a los que hemos añadido otros no recogidos por la autora americana, como las experimentaciones realizadas por Bergman (1987), y por Gon-

¹ Área de Prehistoria: Dpto. CC. de la Antigüedad. Universidad de Zaragoza.

zález Urquijo e Ibáñez Estévez (1994). La publicación de algunos estudios referidos al continente americano en revistas de difusión local o re-

gional nos ha impedido acceder a su manejo, por lo que se citan a través de otros autores americanos (especialmente Knecht y Pokines).

Autor (es)	Modo de Propulsión	Objetivo ¹	Nº de puntas utilizadas	Tipo y material de la punta
Barton & Bergman 1982	Arco	Gamo	17	Microlitos no geométricos; sílex yesoso
Bergman 1987	Arco	Blanco artificial	¿?	Puntas biapuntadas y de base cónica; asta de ciervo, gamo y corzo y hueso de vaca.
Bergman y Newcomer 1983	Arco	Blanco artificial	26	Puntas de Ksar Akil y de cara plana; sílex
Brogio, Chelidonio, Longo 1983	Arco	Blanco artificial	¿?	Puntas de escotadura solutrense; sílex
Callahan 1994	Propulsor	Elefante	32	Puntas Clovis; cuarcita y sílex
Cattelain & Perpère 1993; Cattelain 1997	Arco prehistórico, arco largo y propulsor	Cabra	100	Puntas de la Gravette; sílex
Chadelle, Geneste, Plisson 1991; Geneste & Plisson 1993; Plisson & Geneste 1989	Arco y ballesta calibrada para simular un propulsor	Cabra	> 400	Puntas de escotadura solutrenses; sílex
Fischer, Hansen, Rasmussen 1984; Fischer 1985	Arco	Blanco simulado; cadáver; pez; árboles; arbustos; césped	153	Puntas Brommienses; puntas transversales; puntas variadas; sílex
Flenniken 1985	A mano	Cabras salvajes vivas	11	Puntas de muesca, lanceoladas; obsidiana
Frison 1989	A mano y propulsor	Elefante	7	Puntas Clovis; sílex, cuarcita y obsidiana
González Urquijo e Ibáñez Estévez 1994	A mano (pica y lanza) y arco	¿?	51	Láminas apuntadas y láminas de dorso; sílex
Guthrie 1983	Arco compuesto	Alce	50?	Monobiseladas; asta, hueso (de varias especies) y abedul
Odell & Cowan 1986	Propulsor y arco	Perro	80	Puntas bifaciales y lascas sin retoque; sílex
Pokines 1998	A mano	Cabra	20	Puntas monobiseladas; asta de ciervo
Pokines y Krupa 1997	A mano	<i>Ictiobus</i> (pez de agua dulce)	6	Azagayas biapuntadas con aplanamiento medial, 1 arpón de una hilera; asta de ciervo
Titmus & Woods 1986	Propulsor	Arena, grava, cenizas, corteza suelta, lodo, césped, madera	34	Puntas Elko de muesca; obsidiana
Tyzzler 1936	Arco	Montículo de gravilla, de grava, madera blanda	9	Puntas ahusadas, flecha de dos puntas; hueso de vaca

¹ Sólo en el caso de Flenniken los animales utilizados como blanco están vivos; en el resto de los experimentos se trata de cadáveres recientes, bien sean enteros o bien parte de los mismos (costillar y lomos en algunos casos). El blanco simulado suele consistir

en un trozo de carne de gran tamaño (unos 5-7 kg.) tras el cual se coloca un hueso plano como una escápula, por ejemplo, para intentar reproducir la resistencia al impacto que ofrece el cuerpo de un animal.

Aunque no hemos suministrado los datos referentes al empuje, debemos decir que en la mayor parte de los casos éste se ha producido por la combinación del uso de un adhesivo con una ligadura. En algunos de los casos no se especifica hasta qué punto esos empujes se han realizado con métodos tradicionales (fibras vegetales, tendones, resina, cera) o, por el contrario, se ha recurrido a materiales modernos.

1. Experimentaciones realizadas con puntas de proyectil óseas

Las experimentaciones realizadas en materias duras animales (hueso y asta) no son muy numerosas, debido sin duda a que se han desarrollado técnicas de análisis de huellas de uso en herramientas líticas desde hace bastante tiempo y a que en el caso del hueso y del asta aún no se tienen demasiado claros los patrones de rotura. Además, se trata sin duda de un material de adquisición más complicada y que exige más tiempo para la elaboración de las puntas experimentales. Así, tenemos únicamente las experimentaciones realizadas por Tyzzer (1936), Guthrie (1983), Arndt y Newcomer (1986), Bergman (1987), Knecht (1997), Pokines y Krupa (1997) y Pokines (1998).

Tyzzer reconstruyó puntas de tipo "Algonkian" en huesos largos, disparándolas repetidas veces sobre montículos arenosos y sobre piedras para comprobar los patrones de rotura. Comprobó que las puntas arqueológicas habían sido reafiladas tras producirse una rotura, y que su resistencia era bastante alta, dado que una punta resistió 25 disparos contra un montículo de arena y 15 más contra otro de grava antes de romperse. Sin embargo, al ser disparadas contra una roca las puntas se rompían habitualmente de modo definitivo e irreparable.

Guthrie, por su parte, comparó las características de las diferentes materias con que se pueden construir las puntas orgánicas: asta de ciervo (*Cervus elaphus*), de caribú-reno (*Rangifer tarandus*), de alce (*Alces alces*), madera de abedul y huesos largos de grandes mamíferos. El objetivo elegido fue un alce macho recién muer-

to, de unos 350 kg., al cual se disparó con un arco compuesto a una distancia de 5 m, que había sido preparado para que la fuerza de impacto fuese la equivalente a un lanzamiento desde 25-30 m. Los astiles eran de fibra de vidrio, pero desconocemos el modo de empuje, que creemos un factor importante en las roturas de las puntas. El asta de alce y el abedul no dieron buenos resultados ni en resistencia ni en penetración. El hueso demostró una buena penetración, pero se rompía fácilmente, hasta el punto de que una punta en asta de reno duraba como media el doble de tiempo que una punta de hueso, diferencia que se acentuaba si los impactos se producían contra el suelo.

Las puntas que mejor resultado dieron en esta experimentación fueron las de asta de reno y de ciervo, destacando las primeras debido, según explica Guthrie, a su mayor espesor cortical, en concreto 2 mm más, aproximadamente (unos 10 mm de capa cortical el reno por 8 el ciervo). La duración de las puntas no es muy alta, alrededor de 3,5 lanzamientos para las puntas de reno y 2,5 para las de ciervo, lo cual sorprende si lo comparamos con los datos que veremos posteriormente, obtenidos por otros autores. Podemos explicar esta cantidad de roturas por el tipo de objetivo elegido, un alce de cuatro años, con una capa de piel y pelo muy densa y resistente, que hacen aumentar, por encima de lo que ha resultado normal en otras experimentaciones, la fragilidad de las puntas. Sin embargo, la mayor parte de las roturas pudieron ser reparadas, poniéndolas de nuevo en situación de ser usadas. Destaca también el hecho de que, cuando impactaban en el blanco, las puntas de hueso y de asta de cérvido registraban un comportamiento similar, aunque si el impacto era en el suelo las puntas de hueso se revelaban como mucho más frágiles.

Una de las principales conclusiones que ofrece Guthrie es que las puntas de tipo Clovis son una derivación, adoptada por las poblaciones prehistóricas, de las puntas en asta con láminas insertadas típicas de la cultura de Bering², que se vieron obligados a abandonar una vez se fueron

² Suponemos que estas puntas son similares a las presentes en el Maglemosiense y otras culturas del Mesolítico escandinavo.

desplazando las poblaciones hacia el Sur y dejaron de encontrar caribús.

Otro experimento interesante fue llevado a cabo por Arndt y Newcomer, quienes basaron el programa realizado en la inducción de la rotura en las puntas óseas, para lo cual utilizaron una oveja y una espalda de cordero tras la cual colocaron tres escápulas y una pelvis de vaca, por lo que los resultados no reflejan la resistencia real de las puntas, ya que los disparos se efectuaron con la pretensión de romperlas. Las puntas eran de asta, hueso largo y marfil, de doble bisel, montadas en flechas de madera dura con resina y cera y disparadas con un arco de 49 libras a una distancia de 5-7m. Pese a las condiciones antes expuestas, las puntas sólo se rompían cuando impactaban directamente en huesos bastante espesos. De nuevo presentamos las principales conclusiones obtenidas por los autores:

- Se establecieron tres categorías diferentes de rotura: en la zona distal, en la medial y en la proximal.
- En la zona distal las fracturas eran principalmente aplastadas, biseladas o redondeadas, y se podían reparar en la mayoría de las ocasiones en pocos minutos.
- En la medial las fracturas fueron oblicuas o transversales; a diferencia de las roturas transversales postdeposicionales, que suelen ser redondeadas, éstas eran dentadas.
- Las roturas en la zona proximal, junto al empuñe, eran similares a las de la zona medial.

Bergman (1987) llevó a cabo un programa experimental en el que pretendía estudiar el material óseo procedente del yacimiento libanés de Ksar Akil, que ha proporcionado casi 80 puntas de proyectil, para lo cual fabricó un número indeterminado de puntas en asta de ciervo, gamo y corzo y hueso de vaca. Utilizó herramientas modernas para dar la forma previa a las puntas, y sílex para el "acabado final"; las puntas fueron empuñadas de distintas formas y con distintos materiales para comprobar las características de cada tipo, aunque tuvo cuidado en todos los casos de que la ligadura del empuñe no sobre-

saliese más de 2 mm del perfil de la pieza, ya que en caso contrario se convierte en un serio inconveniente para la penetración del proyectil en la presa. Incide Bergman en el tiempo que hay que dedicar a la fabricación de los astiles, los cuales además requieren un proceso complicado de enderezado por calor, hasta el punto de que un astil de 26 pulgadas (cerca de 70 cm) lleva unos 20 minutos de trabajo, con lo que podemos concluir que, en el caso de un astil de azagaya (al menos 2 ó 3 veces más largo), el trabajo se prolonga considerablemente, convirtiéndose así el astil en una pieza más digna de ser cuidada que la propia punta ósea. Por esta razón Bergman propone el uso, allí donde sea posible, de plantas tipo caña o bambú, cuya forma facilita mucho la tarea, debido a su rectitud y a que el hueco central permite acoplar con sencillez o bien un astil compuesto³ de madera más resistente o bien la propia punta.

Los lanzamientos fueron efectuados con un arco simple de 40 libras sobre un blanco artificial compuesto de un trozo de carne de unos 15 cm de espesor y de dos escápulas, colocado todo el conjunto dentro de una caja de cartón para recuperar los fragmentos, desde una distancia de 5 a 8 m (puntas sin emplumadura) y 15 m (con emplumadura). Para preservar los astiles, que habían costado tanto trabajo, se utilizaron astiles compuestos, que absorben el golpe, fracturándose, por lo que previenen la rotura del astil principal. También se recurrió a varillas comerciales (cedro de Port Orford).

Podemos extraer de los experimentos de Bergman varios puntos de importancia:

- Las puntas romas no penetraron la carne, mientras que dos de las puntas aguzadas llegaron a perforar las escápulas.
- La resina es relativamente quebradiza, por lo que, al no sujetar firmemente las puntas al astil, éstas retrocedieron rajándolo; el mejor adhesivo es el tendón.
- La mayoría de las roturas (bastante frecuentes debido a la cercanía de los disparos) sucedieron en la punta, salvo una que afectó a la base.

³ Debido a lo común de su uso en la literatura especializada, facilitamos el nombre en inglés del término que traducimos como astil compuesto: *foreshaft*.

- El hueso era difícil de reparar tras las roturas, mientras que en el caso del asta éstas se limitaban a un despuntado sin mayores consecuencias. El elevado número de fracturas se debe al tipo de blanco elegido, en el que siempre se producía un impacto contra el hueso. También hay que tener en cuenta que parte de las puntas eran de asta de gamo y de corzo, con espesores corticales bastante reducidos, por lo que podemos decir que su fragilidad era alta.
- Los habitantes de Ksar Akil conocían las ventajas del asta frente al hueso, y así el 73% de las puntas cuya materia ha sido identificada son de asta.

Pasamos a los experimentos de Knecht (1997), que se han realizado siempre en relación con piezas del Paleolítico Superior Inicial, habitualmente puntas de base simple y hendidas, tanto en hueso (puntas monobiseladas) como en asta (los otros tipos). Las puntas se usaron hasta que su rotura fue definitiva o quedaron clavadas firmemente en un hueso, del que no se podían extraer sin romperlas; algunos ejemplares no sufrieron ninguna de estas dos contingencias y quedaron en buen estado tras los lanzamientos. Los primeros experimentos fueron llevados a cabo con 23 puntas enmangadas en astiles de 1,5 a 1,8 m, disparados con una ballesta, que había sido calibrada para simular un propulsor, sobre un cadáver reciente de cabra, apuntando en primer lugar a zonas blandas (abdomen) y a continuación buscando la fractura de las puntas en lugares como la caja torácica y la columna vertebral; las que ni se rompieron ni quedaron clavadas en estas zonas fueron disparadas al cráneo, la mandíbula y la pelvis.

Se realizaron otra serie de experimentos en abril de 1995 con 90 puntas de asta, en este caso con un blanco de gran tamaño, una vaca, es decir, un animal mucho más robusto a todos los efectos que la cabra utilizada anteriormente, sobre la que se disparó un total de 302 veces. Para estos lanzamientos se cambió el tipo de astil, haciendo uso de astiles compuestos que se sujetaban en los principales con una pieza fabricada a partir de un tubo de metal; la utilización de varillas de madera blanda provocó un número excesivo de roturas de los astiles compuestos, aún

cuando la punta y el astil principal estaban intactos. Sin embargo, esto no sucedió en los experimentos realizados con puntas solutrenses de escotadura por Geneste y Maury (vid. infra), en los que el enmangue y los astiles fueron idénticos. Las conclusiones que se pueden obtener de los lanzamientos efectuados son las siguientes:

- La penetración en tejidos blandos animales o en el suelo, cubierto de hierba, no dejó huellas macroscópicas.
- En todos los casos las roturas se produjeron al impactar contra el hueso, aunque no todos los impactos conllevaron daños en las puntas.
- Las puntas de asta tienen una gran capacidad para impactar y clavarse profundamente en huesos sin que los daños sufridos sean graves y/o irreparables.
- Las puntas de proyectil en hueso se suelen fracturar a lo largo del eje longitudinal de la pieza, mientras que el asta sólo sufre redondeamientos, roturas aserradas o dentadas, habitualmente en la zona próxima al extremo distal. Las implicaciones que se derivan de estas diferencias en cuanto a la reparación de las puntas son muy importantes.

Nos referimos ahora al programa experimental llevado a cabo por Pokines y Krupa, publicado en 1997, y referido a un tipo de proyectil muy concreto, como son las azagayas biapuntadas con aplanamiento medial. Dentro de los objetivos del proyecto se hallaba el constatar la eficacia de esas puntas como instrumentos de pesca, tipo arpón, para lo cual se fabricaron 5 ejemplares, además de un arpón de 1 hilera para comparar los resultados. Se utilizaron herramientas modernas (sierras, pulidoras) para elaborar las piezas, cuyas longitudes se situaban entre 98 y 129 mm, que fueron enmangadas en astiles compuestos, para lo cual se recurrió a ranurar repetidamente la zona aplanada con el objeto de aumentar la adherencia. Los materiales utilizados en el enmangue fueron cera y resina y cuerda de algodón humedecida, que, al secarse, aumentó la rigidez del conjunto. Considero que la utilización del algodón puede dar resultados similares a otras fibras vegetales, aunque es un material foráneo, que no pudo haber sido utilizado por los grupos prehistóricos europeos.

El sistema utilizado consiste en un astil principal de 3 cm de diámetro con una perforación en la que se inserta el astil compuesto; las lanzas fueron clavadas directamente (como una pica) y arrojadas a mano. El objetivo fue un “buffalofish” (*Ictiobus*) de unas 5 libras de peso (unos 2 kg) sumergido en agua corriente y asegurado con un sedal a la orilla. Fue arponeado directamente, es decir, en ningún momento se llegó a arrojar la lanza. En cada caso el pez fue traspasado, resultando más sencillo recuperar la punta haciendo pasar el astil compuesto a través del animal. Dadas las dificultades de extracción que se presentaban al hacer salir el proyectil por donde había entrado, los autores consideran que este tipo de puntas permiten asegurar muy bien la captura de un pez. Asimismo se utilizaron arpones de una hilera para el mismo cometido, resultando más efectivos en la retención del pez una vez clavados que las propias puntas de aplamamiento central.

Este tipo de puntas se probaron también en la caza en tierra firme, ya que fueron arrojadas a mano desde 5 m de distancia a los restos (lateral menos cabeza y pies) de una cabra doméstica, cuyo tamaño es ligeramente inferior al de las cabras salvajes pero muy similar al de los sarríos. Se realizaron 32 lanzamientos, 23 de los cuales acertaron el blanco, cesando la utilización de una punta cuando esta resultaba visiblemente dañada por el impacto. 17 lanzamientos penetraron hasta la unión del astil compuesto con el astil principal. De nuevo la extracción por donde había penetrado se reveló dificultosa, por lo que se hubo de recurrir a hacer pasar el astil compuesto a través de la herida.

Las principales conclusiones que podemos obtener de esta experimentación son las siguientes:

- La capacidad de retención de este tipo de puntas es muy alta, por lo que pueden haber sido un precursor funcional del arpón (recordemos que estas puntas son típicas del Solutrense y del Magdaleniense Inferior, cuando aún no han aparecido los arpones).
- El mayor volumen del enmangue no impide que la penetración sea similar a la conseguida con puntas rectas.
- Las ventajas de estas puntas frente a las rectas son especialmente evidentes en la pesca

por arponeo, ya que retienen el pez, y también pueden contribuir a matar antes presas terrestres puesto que permanecen clavadas firmemente gracias al diente lateral, a la vez que dificultan la huida del animal.

- Los daños que sufren estas puntas son si cabe menores que los sufridos por puntas rectas, ya que el enmangue ocupa gran parte de las piezas, impidiendo su rotura.

A continuación, trataremos los experimentos realizados en solitario por Pokines. Para fabricar las puntas empleadas en la experimentación, este autor utilizó asta de ciervo americano, que no se diferencia de la del ciervo europeo ya que pertenecen a la misma especie, *Cervus elaphus*. Las puntas fueron dotadas de un bisel simple de 5 cm, siendo su longitud de entre 131 y 157 mm y sus secciones predominantemente cuadrangulares (18 de 20, frente a 2 de 20 ovaladas). El propio autor reconoce que las dimensiones y la forma están condicionadas por el modo de fabricación, lo cual invalida parcialmente el experimento dado que no utilizó técnicas correctas desde el punto de vista de un programa experimental que pretende ser científico (uso de sierras modernas, pulidoras eléctricas, etc.). Se utilizaron astiles compuestos, que se encajaron en perforaciones hechas al efecto en los astiles principales. Tanto las puntas como los astiles compuestos fueron sujetos con cola de carpintero y con hilo de algodón al que se añadió más cola. Las lanzas definitivas medían entre 2,4 y 2,6 m. La justificación que da el autor es que pretendió replicar no tanto el modo del enmangue como el resultado del mismo: una sujeción firme. Las lanzas fueron arrojadas a mano contra un blanco hecho con parte de una cabra doméstica (un lateral al que le faltaba la cabeza y los pies), apoyada en un montículo arenoso, con una inclinación de unos 45° con respecto a la horizontal.

De los 249 lanzamientos realizados, 150 impactaron en el blanco, 51 fueron fallos completos y 48 se clavaron en el suelo. Una de las puntas se rompió tras clavarse en el suelo, al impactar en un objeto duro que estaba enterrado. Otra traspasó el blanco sin acertar en ningún hueso pero se rompió contra una piedra que estaba detrás. Las otras 18 puntas sufrieron daños

menores al impactar en el blanco. Sólo en dos casos las fracturas fueron graves, ya que se produjeron a la altura del empuje. En los otros causaron una disminución de la longitud que oscilaba entre 2 y 35 mm, lo que se podría arreglar en pocos minutos. El número máximo de lanzamientos realizados con una punta antes de romperse fue 40, y el mínimo 3, con una media de 9,9 impactos (no se tiene en cuenta los fallos completos en que la punta no se clavó en ninguna parte) por proyectil.

Las conclusiones que podemos extraer de los datos que nos ofrece Pokines son las siguientes:

- La penetración de las puntas es excelente, ya que en 126 de los 150 aciertos la punta y el astil compuesto (unos 30-40 cm en total) traspasaron el blanco, siendo frenada la penetración del proyectil por el astil principal, de más de 3 cm de diámetro.
- Resulta preferible desprender el astil compuesto del astil principal y empujar el conjunto para que salga por el otro lado, en lugar de intentar retirarlo por donde ha entrado. Quizás esto sea más difícil si el blanco es un animal entero.
- La caja torácica no supone un impedimento muy serio para la penetración de los proyectiles, por lo que el daño que se puede producir en los pulmones con una punta ósea debe sin duda llevar a la muerte rápida del animal, evitando que huya. Los pulmones son el órgano vital menos protegido, ya que otros órganos de la misma importancia, que también provocan una muerte rápida en caso de ser alcanzados, o bien están bien protegidos, como el cerebro o la médula, o bien ofrecen un blanco menor, como el corazón y las principales arterias.
- Las puntas de asta llegan a romper los huesos en los que impactan sin sufrir daños muy serios, como lo demuestran la escápula rota en dos trozos y la epífisis de húmero traspasada de parte a parte que muestran las ilustraciones del artículo de Pokines (1998: figuras 3 y 4, pág. 880). En este último caso se produjo la mayor rotura de la punta, ya que se desprendió un fragmento de 35 mm.

Observamos que el número de experimentaciones realizadas no es muy alto, y que sus objetivos y medios utilizados son bastante diversos. Tenemos, por un lado, las que se han realizado para probar tipos específicos de puntas, como Pokines y Krupa con las puntas de aplamamiento medial o Bergman con las puntas que aparecen en Ksar Akil, aunque en este caso son varios los modelos puestos a prueba. Por otro lado están los experimentos realizados para comparar la resistencia de distintos materiales y los patrones de rotura; en este grupo tenemos los experimentos de Arndt y Newcomer, los de Knecht, los de Guthrie y los de Pokines.

En general, todos los autores coinciden en la mayor resistencia del asta frente al hueso, y en que aquella se trabaja más fácilmente y pueden hacerse puntas más espesas. Por lo tanto, debemos concluir que el asta de cérvido es el mejor material posible para realizar puntas de proyectil, estando en primer lugar la de reno y luego la de ciervo, ya que la primera posee una capa cortical más espesa. Por lo tanto, es lógico que los grupos prehistóricos hayan utilizado preferentemente puntas en asta para sus proyectiles y hayan dejado el hueso para útiles que no estén sometidos a impactos.

El empuje puede realizarse con resina y cera de abeja a las que se añade tendón o una fibra vegetal, con lo que la solidez del conjunto es máxima, especialmente en las puntas de bisel; es conveniente que el bisel haya sido estriado o ranurado para facilitar la adherencia. Este empuje no debe ser demasiado voluminoso, para no impedir la penetración profunda de la punta en el cuerpo de la presa; el límite se ha puesto en 2 mm por encima del perfil general de la pieza. Resulta conveniente utilizar astiles compuestos de poca longitud, para que absorban el impacto y protejan de las roturas a los astiles principales, cuya elaboración es larga y complicada. Sobre el tema de los astiles y las emplumaduras volveremos en el apartado de comentarios generales sobre las experimentaciones.

2. Experimentaciones realizadas con puntas de proyectil líticas

Son bastante más numerosas que las efectuadas con puntas óseas, debido sin duda a que el análisis de huellas de uso de materiales líticos es una disciplina digamos que "asentada" dentro del conjunto de técnicas auxiliares de la Prehistoria, mientras que esos mismos estudios no se han producido en la misma escala, al menos hasta el momento, en materiales óseos.

Podemos decir que los análisis de huellas de uso nos permiten obtener referencias más exactas en lo que atañe a la cuantificación de los daños producidos en las puntas líticas, ya que, por el contrario, en las puntas óseas sólo podemos referirnos a tipos de rotura, cuyo origen no siempre es seguro que responda a una acción determinada, y a las dimensiones de los posibles fragmentos rotos. Sin embargo, cuando tenemos un micropulido o un conjunto de estrías o microsaldados que se asocian repetidamente con los impactos relacionados con los proyectiles, resulta más sencillo sistematizar el proceso de análisis.

De todos modos, hay que recordar que no todos los experimentos llevados a cabo con puntas de proyectil líticas incluyen análisis de huellas de uso tal como las conocemos habitualmente (micropulidos, microsaldados, saltados macroscópicos, redondeamientos), sino que muchos se limitan a los daños mayores sufridos por las puntas.

Dicho esto, pasamos a enumerar las experimentaciones a las que vamos a prestar una atención más detallada. Son las de Moss y Newcomer (1982), Barton y Bergman (1983), Titmus y Woods (1983), Fischer, Hansen y Rasmussen (1984), Fischer (1985), Flenniken (1985), Odell y Cowan (1986), Frison (1989), Cattelain (1990), Broglio et al. (1993), Geneste y Plisson (1993), Callahan (1994), González Urquijo e Ibáñez Estévez (1994) y, por fin, de nuevo Cattelain (1997).

El primer programa experimental del que vamos a dar cuenta es el que efectuaron Emily Moss y Mark Newcomer en relación con las excavaciones desarrolladas en el yacimiento magdaleniense de Pincevent (Seine-et-Marne, Francia) bajo la dirección de André Leroi-Gourhan.

Recordamos que es en este yacimiento donde apareció, el mismo año en que se publicó este programa, una azagaya en asta de reno con dos láminas de sílex insertadas (LEROI-GOURHAN 1983), por lo que la pertinencia de las reconstrucciones experimentales que vamos a describir a continuación es muy alta. Los autores replicaron diversos tipos de piezas características del Paleolítico (debemos decir que en el momento de realizarse las experimentaciones no había sido aún descubierta esa azagaya), que, tras su utilización, fueron observadas al microscopio para estudiar sus huellas de uso.

Los lanzamientos fueron llevados a cabo con un arco simple de 45 libras, sobre una pieza de carne tras la cual se habían colocado escápulas de buey, siendo probadas laminillas de dorso (como filos laterales) y puntas azilienses (como puntas). Al impactar contra el hueso, las roturas más frecuentes adoptaban forma de golpe de buril o aplastadas, lo que no se ha encontrado en muchas de las piezas arqueológicas procedentes de Pincevent. De las 15 puntas de dorso, hechas en sílex local, quedaron enteras cuatro, que fueron examinadas al microscopio, mostrando sólo una de ellas algún tipo de huella de uso. Se repitió el experimento con 16 puntas azilienses, de un tamaño algo mayor, y alrededor de la mitad mostró una huella de uso característica: micropulido distribuido desde la punta en una o varias líneas rectas, que pueden aparecer en la cara dorsal y la ventral indistintamente, o incluso en ambas a la vez; a esto se añade la posible existencia de daños de diverso tipo causados por el roce de la parte proximal con el astil si éste se raja y la punta retrocede. Existe en Pincevent una punta que muestra en su extremo distal cierta cantidad del micropulido característico descrito anteriormente, por lo que puede decirse que fue utilizada para cazar, con buen resultado.

Se enmangaron algunas láminas como filos laterales y se dispararon en las mismas condiciones que se han explicado, resultando habitualmente en su separación del astil, aunque no en su rotura. De las 13 piezas experimentales, menos de la mitad mostraron huellas de uso. Si se enmangan varias láminas seguidas, suelen mostrar en sus extremos las huellas que antes describíamos como producidas por el roce con-

tra el astil, aunque en este caso se deben al choque entre ellas. Si se enmangan solas, el micropulido es el característico de la carne, aunque linealmente paralelo al filo, y no en el extremo distal como en el caso de las puntas de flechas. Su confusión con cuchillos para cortar carne es muy fácil en este caso, por lo que no se puede asegurar la identificación de las piezas procedentes de Pincevent sin realizar mayores estudios. Otros lanzamientos realizados por los autores fueron dirigidos a árboles y al suelo, con la intención de comprobar qué huellas de uso aparecían en las puntas. En ambos casos los micropulidos fueron bastante desarrollados, con un carácter lineal.

Las conclusiones principales que presentan los autores son las siguientes:

- No todos los impactos dejan huellas de uso en las puntas o en las láminas usadas como filos laterales, por lo que es posible que muchas piezas arqueológicas que no muestran ningún tipo de daños fuesen en realidad utilizadas.
- De ahí deducimos que esas piezas que fueron utilizadas como proyectiles debieron volver al yacimiento o bien insertadas en las presas o bien aún depositadas en los carcajs.
- Las roturas distales de las puntas de proyectil líticas suelen ser tipo golpes de buril o aplastadas, a lo que hay que sumar daños en la parte proximal en el caso de que el enmangue no resista el impacto y la punta se incruste en el astil, rajándolo (MOSS & NEWCOMER 1982: pág. 300, ilustración 7b).

A continuación, veremos el programa que llevaron a cabo Barton y Bergman en su estudio de un yacimiento situado al S de Inglaterra, llamado Powell, en la colina de Hengistbury. Se tallaron, utilizando técnicas similares a las empleadas por los grupos prehistóricos, 17 réplicas de puntas microlíticas en sílex yesoso de la zona, que fueron montadas en hendiduras efectuadas en astiles fabricados sobre varillas

comerciales "Port Orford". Para el enmangue se utilizó resina de pino mezclada con cera de abeja y tendones animales. La mayoría de las flechas no fueron emplumadas, siendo sólo cinco de los ejemplares dotados de plumas, adheridas con pegamento moderno, y disparándose con un arco simple de 40 libras, réplica del hallado en el yacimiento mesolítico de Holmegaard. Como blanco se utilizó un gamo joven muerto recientemente, que fue colgado de sus patas traseras, bajo el que se colocó un plástico para recoger cualquier fragmento de las puntas por pequeño que fuese. Las flechas sin emplumadura se dispararon desde 4 m y las dotadas de ella desde 8.

La mayoría de las flechas que alcanzaron el blanco penetraron profundamente en el animal, que tras el experimento fue despellejado y descuartizado para recuperar todos los fragmentos producidos durante los lanzamientos. Las roturas más típicas son en forma de buril y "aflautadas", poco profundas, tipos ambos que han sido encontrados entre las piezas del yacimiento. Algunas de las puntas pasaron a través del cuerpo del animal sin sufrir daños, y otras desarrollaron roturas que no se distinguen en absoluto de las que se pueden producir durante la manufactura. Las piezas que presentan este tipo de roturas y que han servido como puntas de proyectil podrían ser diferenciadas satisfactoriamente con análisis de huellas de uso. Las conclusiones más destacadas que se siguen de estas experimentaciones son:

- Las roturas producidas experimentalmente son muy similares a algunas de las que aparecen en Hengistbury, lo que abre el tema de cómo llegaron esos fragmentos al yacimiento, ya que no había sido interpretado como un cazadero.
- La explicación al problema anterior puede ser que los fragmentos rotos viajen desde el lugar de la caza hasta el asentamiento de los cazadores insertados en los animales muertos⁴. Otra posibilidad es que fueran llevadas en los astiles para proceder a su reparación.

⁴ Según los autores, esto también ha sido sugerido para el yacimiento de Ámose Bog, en Dinamarca. Vid. NOE-NYGAARD, N. (1974): "Mesolithic Hunting in Denmark illustrated by human

weapons", *Journal of Archaeological Science*, New York & London.

- No puede descartarse que alguna de las piezas que ha sido considerada como punta de proyectil sea en realidad un simple cuchillo, ya que algunas réplicas han sido enmangadas y usadas como tales con excelentes resultados.

La obsidiana fue el material utilizado en el caso de Titmus y Woods, que fabricaron 30 puntas de unos 4 cm de longitud enmangadas en astiles compuestos de 18 cm y astiles principales de 119 cm, arrojadas con un propulsor a diferentes blancos como arena, grava, cenizas, corteza, barro, césped y madera para producir roturas. La vida útil de las puntas no fue muy alta, ya que supera por poco los dos lanzamientos de media, lo cual se debe sin duda a la elevada fragilidad de la materia prima utilizada para fabricar las piezas. Como ya hemos citado antes en relación con el trabajo de Guthrie, es muy posible que la acanaladura de las puntas de tipo Clovis responda a un empaque muy invasor, que sólo deje al descubierto la punta y los filos laterales de la pieza, procurando contrarrestar así la evidente fragilidad de la obsidiana.

Consideramos que el artículo de Fischer (1985) es un excelente resumen sobre todo lo relacionado con los proyectiles con punta lítica, en que se hace un repaso profundo a temas como las marcas presentes en las puntas experimentales, las que realmente aparecen en las piezas arqueológicas, cómo actúan las puntas sobre un animal cuando es herido, etc.

En primer lugar, da cuenta de un programa experimental sobre los costes temporales de la fabricación de las puntas de proyectil líticas, que demuestra que el tiempo medio de fabricación de la mayoría de los tipos de puntas utilizadas en el Paleolítico Superior y Mesolítico europeos no superaba los 3 minutos por ejemplar, por lo que, de acuerdo con Bergman (1987), en que se nos dice que un astil de unos 70 cm puede costar más de 20 minutos de tiempo, podemos concluir que lo realmente "caro" de una flecha para el cazador prehistórico es el astil. Es de suponer, por lo tanto, que cuidaría más los astiles que las puntas, intentando recuperarlos después de ser disparados.

Los experimentos fueron realizados con la intención de aislar un conjunto de características que pudieran identificar a las puntas de proyectil del resto de útiles prehistóricos, basándose tanto en macro-huellas como en micro-huellas. Así, se enmangaron 153 puntas en flechas y lanzas, siendo utilizado un arco de unas 50-70 libras similar a los modelos mesolíticos, y utilizando como blancos un jabalí, siete ovejas, cuatro lucios y varios trozos "del mejor bacon danés" (FISCHER 1985: pág. 29) como afirma con buen humor el autor. Además, se disparó sobre objetos que podían haber sido alcanzados por error durante las expediciones de caza prehistóricas: árboles, matorrales, suelo cubierto de hierba y suelo desnudo. De especial importancia consideramos la otra serie de "pruebas" a que fueron sometidas las piezas, para dar un cierto aire de realismo a los experimentos: no sólo fueron lanzadas, sino que se realizaron con ellas otras actividades como cortar y pinchar, además de sufrir "roturas accidentales" (pisoteo).

Los resultados son una serie de macro y micro-huellas que se pueden considerar características de los proyectiles, y que sólo aparecen en las herramientas líticas utilizadas como tal, es decir, marcas longitudinales a la dirección de movimiento que se producen de forma ligeramente brusca y en un espacio de tiempo muy breve. Las huellas macroscópicas son fracturas por flexión, cuyos fragmentos producen, al ser arrastrados sobre la superficie de la punta, nuevas huellas tales como micropulidos y estrías. El autor ha denominado a ese conjunto de huellas *diagnóstico de la función de punta de proyectil*. No asegura, sin embargo, que no puedan aparecer al realizar con los útiles alguna otra tarea, ni que su presencia sea efectiva en la totalidad de las puntas de proyectil; es más, puede decirse que las macro-huellas aparecen en un 40 % de las puntas experimentales y las micro-huellas en un 60 %.

Para probar las conclusiones extraídas en un conjunto arqueológico, se estudiaron algo más de 500 puntas procedentes de yacimientos prehistóricos de Alemania y Dinamarca, concluyendo que algunas presentan indudables huellas de haber servido como proyectiles, entre ellas 21 procedentes de Stellmoor, Vig y Prejlerup,

así como una que fue encontrada aún insertada en un hueso en Kongemose. De estos yacimientos destaca Stellmoor por ser el lugar del hallazgo de los arcos más antiguos y Prejlerup por haber aparecido más de una decena de puntas asociadas indudablemente con los restos de un uro (*Bos primigenius*), que fue muerto a flechazos.

Del análisis de las piezas arqueológicas podemos destacar que el número de ejemplares en que aparecen huellas diagnósticas desciende considerablemente respecto a lo que sucedía en las piezas experimentales, en concreto hasta unos valores que oscilan entre el 4 y el 32 %, lo cual nos lleva a una reflexión de bastante calado: los cazadores prehistóricos disponían de un volumen de puntas de proyectil mucho mayor del que realmente llegaban a utilizar, lo que se explica por la facilidad de elaboración (vid. supra) y quizás por un deseo de elegir las mejores piezas de entre todas las fabricadas. Evidentemente, para un grupo nómada supone un problema acarrear de un lado a otro un excedente de piezas (esto se puede aplicar no sólo a las puntas de proyectil, sino en general a todas las herramientas líticas), de ahí que nos encontremos semejante bagaje de instrumentos líticos sin usar en algunos yacimientos.

Podemos matizar esta afirmación con datos referidos a cuestiones como si el grupo tiene asegurado el aprovisionamiento de materia prima allí donde se desplace, lo que se relaciona con la práctica por parte de los cazadores prehistóricos de movimientos de tipo cíclico a lo largo de un territorio, con lapsos de tiempo que pueden ser de meses o años. Es decir, por escasa que sea la inversión realizada en la fabricación de herramientas, en lo que se refiere a tiempo y esfuerzo, un grupo que depende tan directamente de la caza, que puede encontrarse en un medio hostil (lobos, osos, etc.), no puede abandonar varias decenas de proyectiles sin saber si allí donde se dirige encontrará materia prima con que fabricar nuevas piezas. Hay que recordar además que las puntas de proyectil se fabrican siempre, al igual que sucede con los microlitos, con sílex de la mejor calidad posible, cuya procedencia es en muchos casos extraña al territorio más cercano al asentamiento. Por supuesto

que ciertos tipos de piezas líticas suponen un problema debido a su relativa fragilidad, obligando a una preparación especial del recipiente en que se transporten (relleno de hierba, envolviendo las piezas en pieles, etc.) Este problema puede aplicarse también a las expediciones de caza, que pueden estar plagadas de movimientos bruscos, carreras en pos de las presas, etc., lo cual supone un nuevo inconveniente a la hora de transportar piezas líticas de recambio.

En relación con este asunto, Emily Moss (1983) ha identificado un tipo de micropulido al que denomina “*g polish*”, el cual fue asociado con huellas producidas durante la conservación y transporte de los útiles. En todos los casos las piezas procedentes del nivel 2 (aziliense) de Pont d’Ambon que presentan este micropulido han sufrido un uso muy por encima de lo normal en el conjunto de la industria lítica del yacimiento. Se trata además de piezas fabricadas todas ellas en un sílex especial, exótico, que serían conservadas y transportadas en bolsas de cuero o de hueso, mezcladas con otros útiles de asta y hueso (existe, según Moss, un ejemplar de cajita en hueso procedente del Sur de Francia y fechable en el Neolítico Medio). Al menos una de las piezas procedentes de este nivel en Pont d’Ambon que presenta el “pulido *g*” es una punta de proyectil, siendo el resto raspadores y productos de talla (lascas, láminas).

Conclusiones que podemos extraer de los experimentos de Fischer:

- En general, las puntas de proyectil líticas son muy eficientes en cuanto a su poder letal.
- Existen un conjunto de macro y micro-huellas asociadas con el uso del sílex como proyectil, que no aparece en todas las piezas utilizadas pero sí al menos en el 40 – 60 %.
- En muchos yacimientos hay muy pocas puntas que muestren huellas indudables de uso como proyectil (no llega al 35 % en la muestra estudiada), lo cual puede llevar a pensar que los cazadores prehistóricos fabricaban un excedente de puntas que luego, al dejar el yacimiento, abandonaban.
- Para un cazador prehistórico era más importante conservar el astil de las flechas

o lanzas que la punta misma, ya que la fabricación de éstas últimas era un proceso fácil y rápido, mientras que fabricar un astil ocupa mucho más tiempo. La presencia de muchos fragmentos proximales en algunos yacimientos puede deberse a que los proyectiles cuya punta se había roto eran llevados de vuelta al yacimiento sin realizar ningún tipo de reparación, que era efectuada en el lugar donde habitaban: allí quitaban la punta rota, la desechaban y colocaban una nueva.

Mencionamos aquí, fuera del orden cronológico que estamos siguiendo, el artículo de Fischer, Hansen y Rasmussen, anterior al del propio Fischer pero prácticamente idéntico: tanto el programa experimental como las piezas arqueológicas analizadas son las mismas, si bien es algo más exhaustivo en lo que se refiere al capítulo de huellas de uso. En este apartado la información gráfica que aporta resulta de gran valor por la excelente calidad de las microfotografías.

El siguiente autor de cuyos trabajos se va a dar cuenta es Flenniken (1985). Este programa experimental destaca entre el conjunto de los efectuados por ser el único en que los objetivos de los lanzamientos han sido realizados sobre animales vivos, en concreto dos cabras salvajes, enterradas en nieve hasta el abdomen para evitar su huida, pero con la suficiente movilidad como para que sus movimientos añadiesen un factor de realismo a la experimentación, ya que en los demás casos, al disparar sobre animales muertos, no se producen sobre las puntas que les han alcanzado las tensiones derivadas de los movimientos en la huida de las presas, por lo que se desconoce la importancia de este factor en la fracturación de los proyectiles.

De las 11 puntas de obsidiana lanzadas por Flenniken, 10 se rompieron al primer impacto; es de suponer que, de haber sido de asta, el índice de fractura no habría sido tan alto, dado que su flexibilidad es mayor, aunque no se debe desdeñar el efecto de los movimientos de los animales. Se debe señalar que la fragilidad de la obsidiana es bastante superior a la del sílex, lo cual también puede haber influido. De este experimento podemos concluir que el movimiento de los animales es un importante factor en la

fractura de las puntas, dado que alguno de los fragmentos de obsidiana se desplazó más de 40 cm en el interior del cuerpo de los animales. Los espasmos musculares de un animal herido puede romper una punta que haya resistido el primer impacto.

Otro experimento que coincide en la poca vida útil de las puntas líticas es el de Odell y Cowan, en que se replicaron 40 piezas, que fueron arrojadas con propulsor y con arco sobre cadáveres de perro a 5 m en el caso del propulsor y a 10 m en el del arco. La media de disparos para cada punta es de menos de 4 antes de romperse, cifra en la que se incluyen bastantes disparos en que se produjo un rebote y unos pocos fallos. Desconocemos el motivo por el que se produjeron esos rebotes, que no concuerdan con lo que sabemos por otras experimentaciones, en que se nos dice que las puntas líticas tienen un coeficiente de penetración más alto que las óseas.

Frison llevó a cabo un programa experimental con puntas Clovis similar al de Callahan, (vid. infra) aunque en este caso el elefante estaba recién muerto, por lo que no surgieron los problemas relativos a la dureza artificialmente producida por el estado congelado de la carne del animal. Una de las puntas resistió durante todo el proceso experimental sin romperse, aunque dos se rompieron enseguida, debido en un caso a un error en el enmangue. Los materiales utilizados fueron obsidiana, cuarcita, sedimento silicificado y sílex, pero desconocemos el comportamiento de cada uno; hubiera sido interesante elaborar un estudio de la resistencia de diferentes materias primas, aunque, como no hemos podido acceder a la publicación original, no hemos podido atestiguar si esos datos no aparecen en ella o no los recoge el autor en que nos hemos basado, Pokines.

A continuación hacemos referencia con brevedad a unos comentarios que introduce Cattelain en su artículo dedicado a las huellas de uso de los propulsores (1988a), en el que menciona los experimentos realizados en colaboración con Geneste, en que se disparó sobre una cabra recién muerta, utilizando lanzas armadas con puntas solutrenses de escotadura. A una distancia de 15-20 m, un proyectil de unos 150 g penetró en

el animal profundamente, llegando incluso a asomar la punta y parte del astil por el otro flanco (página 75, ilustración 6) Según Cattelain, estos resultados son comparables a los que se podrían obtener con un arco de 60 libras y una flecha de 30 g.

Forzosamente reducido es el espacio que podemos dedicar a las experimentaciones efectuadas por Broglio, Chelidonio y Longo (1993), relativas a las puntas de muesca del Epigravetiense antiguo, debido a la brevedad de la reseña publicada. Se enmangaron varias puntas en flechas de 8-10 mm de diámetro, que fueron lanzadas sobre un blanco artificial con un arco de fresno de 1,6 m. El blanco estaba compuesto de estructuras en madera en su interior para simular la presencia de huesos en el interior de un animal, por lo que podemos permitirnos expresar una duda razonable sobre la fidelidad con que ese artefacto reproducía las diferentes texturas de un cuerpo.

Las principales observaciones se refieren al bajo índice de fracturación (dos piezas entre “varias decenas”), con presencia de roturas “en charnela”, y a la función de la zona del empuñadura como retención de la punta una vez que se ha clavado en el cuerpo del animal, aunque en ningún momento supone un obstáculo para la penetración.

El siguiente programa experimental que vamos a comentar es el realizado por Geneste y Plisson (1993) como complemento al estudio tecnológico y funcional del material procedente del yacimiento Solutrense de Combe Saunière, situado en la Dordogne y con una datación de 17470 ± 249 BP, es decir, coincidiendo con el Máximo Glaciar⁵. En este yacimiento han aparecido un gran número de puntas de proyectil líticas y óseas, destacando entre las primeras 170 puntas de escotadura solutrenses que van a ser las piezas objeto de estudio en el referido programa experimental.

Se procedió a realizar una serie de análisis macro y microscópicos, siguiendo esencialmente lo que habían planteado Fischer et al. (1984),

expuesto también por Fischer en el artículo al que antes nos hemos referido. El programa experimental puesto en marcha para tener un marco de referencia con el que comparar las piezas arqueológicas fue desarrollado siguiendo unas bases muy precisas, que vamos a reproducir de manera casi literal por lo adecuado de sus planteamientos (GENESTE y PLISSON 1993: págs. 121 y 122):

1. Producción experimental de grandes series de puntas de escotadura haciendo uso de métodos y materiales idénticos a los utilizados por los cazadores solutrenses, es decir, retoque por presión en sílex del Bergerac.
2. Uso de las puntas en condiciones similares a las que se podían enfrentar los habitantes de Combe Saunière, mediante el lanzamiento sobre cadáveres de cabra colocados en posición anatómica.
3. Empleo de tres métodos de propulsión: arco largo inglés de tejo de 45-55 libras de potencia, propulsores de 60 cm de largo, con el gancho de asta, y una ballesta para controlar la velocidad de los proyectiles, con lo que se puede simular el lanzamiento con diversos sistemas: arco largo, propulsor, a mano.
4. Las puntas fueron enmangadas o bien en flechas de 80 cm de largo y 8 ó 9 mm de diámetro, con tres plumas naturales y un peso de 40 g máximo, o bien en lanzas de 1,5 m, 14 ó 15 mm de diámetro, empuñadas de la misma manera y con un peso de unos 200 g.
5. El empuñadura se realizó con diversos sistemas, incluyendo pegado con resinas naturales y el atado con tendones, por separado o combinados, siguiendo modelos prehistóricos.
6. Finalmente, cierto número de puntas fueron disparadas sobre animales vivos por cazadores experimentados para verificar su efectividad letal. Otras puntas fueron utilizadas en otras tareas, siendo usadas como cuchillos, perforadores, buriles, etc.

⁵ Recordamos que en este yacimiento y nivel aparece el propulsor más antiguo; vid. GENESTE, Jean-Michel y PLISSON, Hugues (1986): “Le Solutrén de la grotte de Combe Saunière I

(Dordogne); première approche paléolithique”, en *Gallia Préhistoire*, 29.

Después de la realización de estos experimentos se pudieron observar en las puntas de proyectil utilizadas ciertas morfologías características, tanto a nivel macro como microscópico. En el primer grupo de huellas, el de las observables a simple vista, encontramos las fracturas, cuya morfología típica (un 80 % de los casos) es en charnela, y con dimensiones que superan habitualmente los 2 mm (en un 70 % de los casos), hecho éste que sólo sucede en las puntas de proyectil. Estas fracturas en charnela habitualmente se presentan asociadas con astillados de los filos laterales, que se producen cuando los fragmentos rotos chocan entre sí. Ninguna de estas dos morfologías son características de las fracturas ocurridas durante la talla.

En cuanto a los patrones de rotura, en el caso de los accidentes de talla los fragmentos mediales son muy escasos, al contrario de lo que sucede en las roturas por impacto, que podemos achacar en este caso al modo de empuje. Cuando las puntas sólo están pegadas, se suelen desprender debido a que el astil se raja o si acaso sufren la fractura de la parte distal; en cambio, cuando el empuje se ha asegurado con una buena ligadura, la punta se rompe en diversos fragmentos, destacando un amplio porcentaje de roturas en la zona empujada. La existencia de ligadura genera un alto número de fragmentos basales y distales, perdiéndose estos últimos con bastante facilidad, mientras que los primeros permanecen unidos a la ligadura.

A nivel macroscópico, otras morfologías típicas son los daños en el filo debido al roce violento contra materiales duros (el esqueleto, madera, suelo). En el microscopio son visibles otras marcas como grupos de estrías o micropulidos estrechos y paralelos debidos al contacto con partes duras del animal o al roce de fragmentos desprendidos de la propia punta. Nunca el micropulido se extiende mucho en los filos, al contrario de lo que sucede en otras herramientas líticas.

La comparación de estos resultados con los restos encontrados en el yacimiento que se estudia muestra ciertas diferencias de difícil interpretación, ya que, aún pudiendo explicar la mayor presencia de fragmentos proximales en el yacimiento por la recolección "excesiva" de

fragmentos distales durante el programa experimental, hecho que no sucedía en situaciones reales de caza, quedan pendientes otras cuestiones como un alto porcentaje de fracturas extrañas (48%), de lo que se deduce que el conjunto de piezas procedentes de Combe Saunière lo componen puntas de proyectil y elementos rotos en otras circunstancias desconocidas. No se pueden explicar esas fracturas por procesos postdeposicionales ya que el material arqueológico está en buenas condiciones de conservación. Otro hecho destacable es que apenas hay dos piezas arqueológicas que fueron reparadas, por lo que podríamos pensar que no muchas de las puntas se rompieron durante la talla, porque en ese caso la reparación es sencilla.

La cuestión del modo de propulsión permanece abierta, aunque de las experimentaciones puede extraerse la conclusión segura de que las puntas empujadas en lanzas y disparadas con propulsor muestran fracturas más marcadas que en el caso de las puntas de flecha. En cuanto a la dinámica de los proyectiles, la eficiencia de una lanza arrojada con un propulsor se deriva de la masa de la misma, lo que no es el caso de la flecha, en que la efectividad está relacionada con su velocidad. Es por esto que las relativamente ligeras (unos 5 g.) puntas de escotadura solutrenses no son adecuadas para armar lanzas, ya que es su capacidad de corte y su alto coeficiente de penetración la característica principal de las mismas. Esto no es determinante, como ya hemos explicado, en las lanzas, cuyo poder mortífero se basa en que el impacto produzca un estado de shock pasajero o mortal, debido a la energía cinética acumulada en ese momento, para lo cual es necesario que el peso del proyectil sea muy elevado. Las puntas solutrenses de escotadura no son ni lo suficientemente pesadas ni lo bastante resistentes como para actuar correctamente como punta de lanza.

Otra interesante cuestión que tratan los autores es la de la presencia de los diferentes tipos de fragmentos en el yacimiento, ya que, al no tratarse de piezas usadas en un ámbito doméstico, las fracturas no se producen en el lugar de hábitat, por lo que debemos deducir que las puntas se introducían ya rotas en el yacimiento. El alto porcentaje de fragmentos proximales se explica

si aceptamos que los cazadores volvían con las lanzas utilizadas, cuyas puntas se habían roto, de las expediciones de caza, y que las reparaciones se producían en el campamento, por lo que los fragmentos proximales, aún adheridos al astil, eran liberados de su empuñadura y tirados al suelo, después de lo cual se colocaban puntas nuevas.

¿Por qué no realizar estas reparaciones durante las expediciones de caza? En primer lugar, es complicado llevar varias puntas, cuya fragilidad es alta, durante la persecución o acoso de las presas; no menos importante es la necesidad de llevar resina y cera, tendones, etc. La mezcla de cera y resina debe hacerse en caliente, lo cual supone un nuevo impedimento para la reparación “sobre el terreno”.

Explicada esta cuestión, el siguiente interrogante se plantea al comprobar que cerca de un 25% de los fragmentos presentes en Combe Saunière son distales, cuya utilidad es desconocida. Experimentalmente se ha comprobado que, al romperse la punta durante la caza, estos fragmentos se pierden en el terreno o quedan clavados en el animal cazado. Esta última es la explicación que se ha planteado para la abundancia de ese tipo de fragmentos, que llegarían al yacimiento insertados en las presas obtenidas, lo que lo convierte en un lugar especializado en la caza o de descanso temporal durante las expediciones; dado que no se han hallado restos de talla, se cree que las puntas no eran fabricadas en Combe Saunière, sino que eran abandonadas allí después del uso, a lo largo de diversas visitas de duración breve. ¿Podemos pensar que era un “puesto avanzado” respecto al campamento base, en el que se guardaba, entre otras cosas, un depósito de puntas de repuesto, ya fabricadas en otro lugar, y al que se regresaba durante las campañas de caza para efectuar las pertinentes reparaciones y el procesado básico de las presas obtenidas?

Vamos a ofrecer algunas conclusiones que podemos obtener del artículo de Geneste y Plisson:

- Se identifican con seguridad las huellas que permiten diagnosticar el uso de las piezas como puntas de proyectil: grandes frac-

turas en charnela, astillados laterales, estrías y micropulidos lineales.

- Las huellas producidas por el lanzamiento con propulsor son más marcadas que las producidas por el arco, lo cual se relaciona con el mayor peso de las lanzas, para lo que resulta además necesario que la masa del proyectil sea elevada; este no es el caso de las puntas solutrenses de escotadura, cuyo peso apenas llega a los 10 g, por lo que en principio no resultan adecuadas para ser empuñadas en lanzas.
- El yacimiento de Combe Saunière puede considerarse un puesto de caza, en el que no se realizaba la talla de las puntas pero que era utilizado para efectuar las reparaciones de los proyectiles, dado el número de fragmentos proximales que se han encontrado.
- La fuerte presencia de fragmentos distales (alrededor del 25% de los restos de este tipo de piezas) puede explicarse porque llegaran al yacimiento clavados en las presas capturadas por los cazadores.

Sobre este artículo debemos referir que repite casi literalmente el publicado por los mismos autores tres años antes y presentado en 1989 en el Coloquio de Cracovia (GENESTE y PLISSON 1990).

Callahan, por su parte, realizó sus experimentos con puntas Clovis, las cuales fueron disparadas con un propulsor sobre un cadáver de elefante, utilizando diversos sistemas de empuñadura, diversos tipos de astiles compuestos, etc. No se nos proporcionan índices de rotura, aunque Callahan reconoce que, en un principio, la fracturación era muy alta por estar el elefante congelado. El problema se solucionó deshelándolo, tras lo cual no se repitieron los daños, aunque el autor no proporciona datos sobre el número de impactos ni cuantos de ellos alcanzaron el hueso. Sin embargo, menciona que la penetración de las puntas hubiera sido imposible sin el uso de un propulsor.

En cuanto al espacio dedicado al tema por González Urquijo e Ibáñez Estévez en su publicación dedicada a la metodología del análisis funcional (1994), diremos que no es tan amplio ni tan sistemático como el de otros autores, aun-

que esto se explica por tratarse de una aproximación general al tema. En concreto, lo más interesante es lo que se refiere a los daños macroscópicos producidos en las puntas del proyectil, aunque entre las ilustraciones que facilitan hallamos una microfotografía que da cuenta de la presencia de estrías en una punta experimental.

Los autores presentan una tabla (*Ídem*, págs. 208 y 209) en la cual se manifiesta que han utilizado más de 50 puntas experimentales, efectuando no menos de 150 lanzamientos con diferentes sistemas. Esas conclusiones presentan los daños más típicos de las puntas de proyectil, entre los que están los desconchados aburilados, las agrupaciones de esquirlamientos en las puntas, alineados con el eje de la pieza, así como, a nivel microscópico, las estrías paralelas. No parecen encontrar diferencia entre las huellas que se producen en la percusión lanzada y las de uso de las puntas como pica o puñal.

En cuanto a los enmangues, han utilizado los mismos materiales que hemos visto en todos los autores: cera de abeja, resina de pino, tendones, tiras de cuero, ocre. Se ha diferenciado entre las puntas de retoque simple, que se insertan en una ranura en forma de pinza haciendo uso de almáciga y tendones y tiras de cuero húmedas (que se ciñen al secarse), y las puntas de dorso, en que se emplearon dos modos de enmangue, uno de los cuales dejaba la punta casi completamente insertada en el vástago de madera, sobresaliendo el filo y la punta, y afirmándola sólo con mastic; el otro consistía en insertar la parte proximal en el astil y sujetar la pieza con mastic y la ligadura de tendones y tiras de cuero.

De nuevo en este caso vemos que las huellas características son similares a las obtenidas por otros experimentadores, es decir, las roturas aburiladas, las estrías paralelas, etc. Desgraciadamente, poco es lo que podemos decir ya que los autores no nos informan de las condiciones en que se produjo la experimentación, tales como el blanco utilizado, si se produjeron más roturas en las piezas enmangadas de un modo determinado, los útiles empleados en la propulsión, etc.

El último de los artículos que vamos a tratar es una de las aproximaciones más serias que se

han hecho sobre el tema de la caza en el Paleolítico Superior, la que efectúa Cattelain en el volumen editado por H. Knecht en 1997. Se trata de un estudio que ofrece diversas perspectivas sobre la caza, desde las relativas a los proyectiles y modos de propulsión utilizados hasta las aportaciones de los estudios etnográficos, incluyendo las "contribuciones de las reconstrucciones experimentales" (CATTELAÏN 1997: pág. 231).

Las experimentaciones fueron llevadas a cabo dentro del programa de Tecnología Funcional de las Puntas de Proyectil Prehistóricas (TFPPP), con el propósito de comprobar si las puntas de la Gravette del Abri Pataud efectivamente eran puntas de proyectil y de comparar el empleo del arco y del propulsor, intentando identificar las diferentes huellas que provocan en las puntas lanzadas. Se tallaron cien de estas puntas de la Gravette en ocho tipos distintos de sílex, con longitudes que oscilaban entre 35 y 100 mm (55 de media), por lo que la variabilidad en el conjunto experimental era menor que en el conjunto arqueológico (entre 23 y 110 mm) y el tamaño medio resultaba algo superior (47 mm en el Abri Pataud). Dado que las puntas más pequeñas del yacimiento no mostraban huellas de uso, esta cuestión no pareció muy importante. El peso de las piezas arqueológicas variaba entre aproximadamente 1 y 12 g, con un 32% de los casos entre 2 y 3 g.

Se utilizaron 25 astiles de lanza, de 270 cm de longitud, 12,5 mm. de diámetro y un peso de entre 115 y 180 g, emplumados con tres plumas de pavo, y otros 25 astiles de flecha, de 85 cm de longitud, 9 mm. de diámetro y un peso de 25 g. Por lo tanto, cada astil se utilizaría con dos piezas. La extremidad distal en que se enmangarían las puntas se preparó de cuatro maneras diferentes: bisel, bisel escotado, escotadura y hendidura, utilizándose un mastic compuesto de resina, cera de abeja y ocre, consolidado con una ligadura impregnada en mastic, para la cual se emplearon tripa, tendones y cáñamo. Los blancos utilizados fueron una cabra macho y otra hembra, muertas inmediatamente antes de la experimentación, suspendidas en posición anatómica, mostrando el perfil al lanzador, a unos 10 m de distancia. Se efectuaron un total de 145

lanzamientos con un propulsor copia de un original australiano, 127 con un arco de tejo réplica del modelo mesolítico de Holmegaard y 10 con un arco largo moderno a efectos comparativos. Se utilizaron las puntas hasta que se rompieron o se separaron de los astiles.

El máximo número de lanzamientos realizados con una sola punta fue de 14 (propulsor), 10 (arco prehistórico) y 7 (arco largo). Los fallos fueron 60 en el caso del propulsor (41%), 32 con el arco prehistórico (25%) y 2 con el arco largo (20%). Debe mencionarse que el número de fallos con el arco es demasiado elevado debido a que se apuntó sistemáticamente a ciertos huesos como vértebras y costillas, con la intención de causar más daños en las puntas, en vez de apuntar a zonas vitales del animal, lo que conllevaba que se produjesen errores en el disparo con una frecuencia por encima de lo normal.

A continuación Cattelain nos ofrece ciertas observaciones cuya concreción nos lleva a reproducirlas casi literalmente:

1. Los astiles de las lanzas se rompen y se rajan antes que los de las flechas.
2. Las extremidades de los astiles preparadas en hendidura son más frágiles que las preparadas en bisel
3. La tripa no es tan resistente como el tendón o el cáñamo.
4. El arco es más preciso que el propulsor.
5. Aumentar el peso de las puntas de la Gravette parece debilitar las lanzas.
6. Sin embargo, este aumento de peso permite obtener más precisión con el propulsor (esto aún debe ponerse a prueba).
7. La frecuencia de ruptura se relaciona con la zona alcanzada: las más destructivas son las escápulas, las vértebras y las costillas.
8. Los lanzamientos con el propulsor muestran más daños (roturas más frecuentes y fragmentos más numerosos).
9. Algunos fragmentos no se pudieron recuperar; los restos más numerosos son los proximales.
10. En el Abri Pataud la acción postdeposicional causó un alto número de segmentos mediales, que también se pueden rela-

cionar con las rupturas producidas durante la talla.

11. Las macrohuellas encontradas en las series experimentales son muy similares a las que aparecen en las piezas del Abri Pataud, salvo en el caso de las que se forman en el punto de iniciación de las fracturas por flexión, que, además, son más frecuentes en las puntas lanzadas con propulsor.
12. Las formas mayores de daños observadas en la experimentación no aparecen en la serie arqueológica, lo que puede deberse al intento deliberado de impactar en el hueso para producir daños en las puntas.
13. Las microhuellas son más numerosas en las piezas experimentales que en las arqueológicas, lo cual puede explicarse también por lo dicho en el punto 11, por distintas causas de fracturas en las piezas arqueológicas (talla, postdeposicionales) o por su uso distinto al de puntas de proyectil.
14. Se pueden identificar ciertas diferencias entre los lanzamientos con propulsor y los lanzamientos con arco:
 - el propulsor produce más huellas de uso
 - las huellas de uso producidas por el arco son más pronunciadas y extensas, en lo que se refiere a la amplitud de las roturas por flexión y a la longitud de los saltados tipo buril.

No resultan definitivas, sin embargo las diferencias entre las puntas lanzadas con arco y las lanzadas con propulsor, ya que los datos registrados en las piezas arqueológicas se sitúan entre los obtenidos con uno y otro útiles. Estos resultados son similares a los conseguidos por otros autores. El autor reconoce que se deben afinar los planteamientos con que se realizan estos experimentos, para lo cual propone una serie de pautas que se deben respetar en futuros programas experimentales:

1. Utilizar procedimientos de talla en la fabricación de las puntas experimentales que sean idénticos a los utilizados en las piezas arqueológicas, dentro de nuestros conocimientos. Recuperar todos los desechos de talla para su posterior estudio. También deben emplearse los mismos

tipos de sílex aparecidos en el yacimiento de referencia.

2. Seleccionar cuidadosamente la madera de los astiles, para que la serie obtenida sea homogénea en balance y peso antes de dotarles de punta, así como variar los centros de gravedad, el peso y la longitud de los mismos y estudiar los resultados obtenidos a mano y con propulsor usando lanzas del mismo peso.
3. Elaborar tantos astiles como puntas se vayan a utilizar, con lo que el empuje se puede preparar con tiempo, lo que no sucedió en los experimentos referidos, ya que, para evitar el *rigor mortis* de los animales utilizados como blanco, no se esperó el tiempo suficiente y en la segunda serie de 50 puntas utilizadas no se pudo secar adecuadamente el empuje.
4. Hacer un sistema de ligadura uniforme, eligiendo para ello los mejores materiales y preparaciones: astil biselado y tendón.
5. Elegir blancos próximos en talla y morfología a los que se cazaban en el yacimiento de referencia.
6. Intentar apuntar a partes vitales de las presas y no a lugares con muchos huesos, en los que es fácil que el más mínimo error conduzca a un fallo en el lanzamiento.
7. Marcar las puntas bastantes veces en toda su superficie con una identificación que permita reconocer posteriormente los fragmentos que pertenecen a cada una.

Creemos que los planteamientos expresados por Cattelain en los puntos anteriores son las bases fundamentales en que deben asentarse los futuros experimentos. Una observación que se nos ha presentado muy claramente es la diferencia de rigor científico entre las experimentaciones con puntas líticas y con puntas óseas. Mientras que todos los autores hacen referencia a la necesidad de elaborar las puntas líticas siguiendo de manera exacta los procedimientos prehistóricos, utilizando las mismas canteras para aprovisionamiento, etc., no se tiene el mismo respeto por seguir métodos prehistóricos en la fabricación de las puntas de proyectil óseas. Si bien comprendemos que el factor tiempo es relevante en todo programa experimental, ya hemos

comentado que fabricar un centenar de azagayas puede costar no más de una semana a razón de 7 u 8 horas de trabajo al día. Teniendo en cuenta que estas experimentaciones suelen ser llevadas a cabo por más de una persona, vemos que realmente es una cuestión de comodidad el empleo de sierras modernas y pulidoras eléctricas en lugar de sílex y arenisca.

Diferente es el empleo de cuerna de ciervo en lugar de la de reno porque, dado que la obtención de esta última no es fácil, ya que en la actualidad sólo existe en Canadá, Escandinavia o Siberia, se puede disculpar esta pequeña licencia. Ya hemos comentado las diferencias entre el asta de reno y de ciervo, que se basan esencialmente en el mayor espesor de la capa cortical de la primera, lo que afecta en cierta medida a la morfología de las puntas que se fabriquen.

Vemos que, en general, los programas llevados a cabo por diferentes investigadores coinciden en varios puntos:

- La penetración de las puntas líticas es excelente, siendo superior a la que se consigue con el asta o el hueso.
- Aunque en algunos experimentos están sobrerrepresentadas a propósito, vemos que las fracturas son frecuentes, pudiendo calificarlas además de graves en la mayoría de las ocasiones, ya que conllevan el abandono de la punta.
- Al igual que en el caso de las puntas óseas, el adhesivo ideal es el compuesto por resina, cera y tendones. Si la sujeción de las puntas al astil no es muy firme, disminuye su índice de rotura.
- Es conveniente utilizar astiles compuestos para preservar de roturas los astiles principales.
- El número de lanzamientos realizados con proyectiles armados con puntas líticas antes de que se fracturen es menor que en el caso de utilizar puntas óseas.
- La reparación de una punta lítica en el transcurso de una expedición de caza es complicada, por lo que frecuentemente las reparaciones se efectúan en los asentamientos, hecho que conocemos gracias a la elevada presencia de fragmentos proximales.

Conclusiones

Un objetivo prioritario en el estudio de las herramientas de caza o guerra es conseguir acotar el conjunto de piezas utilizadas como proyectiles, que no se corresponde con la totalidad de las piezas que “parecen” puntas de proyectil. En esta dirección han ido los últimos trabajos realizados por Cattelain (1997), concluyendo que no todas las puntas de la Gravette presentes en el yacimiento del Abri Pataud han sido utilizadas como proyectiles, siendo posible que algunas hayan servido en funciones diferentes. A conclusiones similares llegan Geneste y Plisson en el caso de Combe Saunière (1993), que es clasificado como un yacimiento relacionado con la caza, en el que se efectuaban las reparaciones de los proyectiles rotos, por lo que puede pensarse que se guardaba allí un “depósito” de puntas líticas. De todos modos, existen puntas cuya rotura no está relacionada con la caza, pero no ha podido ser atribuida a ninguna función (cuchillo, perforador) debido a la ausencia de otras huellas de uso. Hay que puntualizar que existe en muchos yacimientos un buen porcentaje de las que no han sido utilizadas, por lo que este asunto siempre traerá problemas. Como ya se ha explicado, la presencia de huellas de uso tras el lanzamiento de un proyectil, bien macro o bien microscópicas, no es ni mucho menos segura, oscilando el porcentaje de concurrencia en torno al 50% de los casos. Así las cosas, nunca sabremos hasta qué punto las piezas que no presentan ningún síntoma diagnóstico de uso fueron en realidad disparadas y no registraron huella alguna o, en efecto, jamás fueron utilizadas.

Como puntos principales derivados de los estudios citados podemos destacar los siguientes:

- Las puntas de asta tienen como principales ventajas la robustez, la resistencia al impacto, el ser reaprovechables y fácilmente reparables y el no exigir para su elaboración el dominio de gestos técnicos que requieren un aprendizaje largo. A cambio, su fabricación lleva más tiempo, la materia prima es menos asequible que el sílex y

provoca heridas menos graves al tener menor capacidad de corte.

- Las puntas líticas, en cambio, tienen la ventaja de que las heridas que provocan son graves, lo que se incrementa además por la fracturación en el impacto y la permanencia de fragmentos dentro del animal. Se pueden fabricar en grandes cantidades en poco tiempo, pero la talla de sílex requiere un aprendizaje largo. Su fragilidad es un factor negativo, ya que se deben manejar con cuidado durante las expediciones de caza y puede resultar un problema a la hora de enfrentarse con un animal peligroso⁶.
- Las diferencias entre el hueso y el asta de cérvido son esenciales en lo que se refiere a su actuación como puntas de proyectil, ya que se basan principalmente en la estructura interna como factor determinante del modo de fractura. Las puntas de hueso se rompen longitudinalmente, haciendo casi imposible su reparación, mientras que las de asta lo hacen transversalmente, pudiendo ser recuperadas para un nuevo uso. La fragilidad de las puntas de hueso es mucho mayor que la de las puntas de asta, por lo que ante un impacto similar se fracturan mucho antes y de manera más traumática de cara a su posible reparación. No menos importante es la dureza que tiene el hueso aún cuando ha sido humedecido, frente al reblandecimiento sustancial que sufre el asta en condiciones similares. Además, el escaso espesor de las paredes del hueso no permite fabricar puntas espesas, condicionando así su longitud (no se pueden fabricar puntas muy largas y muy poco espesas, ya que aumentaría mucho la fragilidad).
- El modo de actuar sobre la presa de lanzas y flechas es distinto, ya que las primeras, lanzadas con propulsor, alcanzan menos velocidad, que compensan con su mayor peso, causando su impacto un fuerte “shock”, frente a las segundas, disparadas con arco, que, debido a su mayor velocidad y menor peso, penetran profundamente en los tejidos corporales, provocando graves heridas internas. La penetración también se

⁶ Ver, a este respecto, ELLIS (1997).

- relaciona con el empleo de puntas líticas u óseas, aunque estas últimas pueden dotarse de filos insertando láminas de sílex en ranuras creadas al efecto, con lo que se combinan las ventajas de un material y otro.
- El arco es una máquina, la primera fabricada por el hombre, que acumula la potencia durante la tensión y la libera súbitamente para impulsar la flecha. Los arcos simples, como los que se usaban en el mesolítico, deben ser de gran tamaño para poder actuar correctamente (al menos 1,6 m de largo). A cambio, su uso es más discreto que el del propulsor y permiten un mayor acercamiento a la presa sin temor de espantarla con el gesto del disparo. Se puede conseguir buena puntería en distancias que oscilan entre los 25 y los 35 m.
 - El propulsor prolonga artificialmente la longitud del brazo para aumentar la distancia y precisión del lanzamiento, aunque exige realizar un movimiento brusco, poco discreto. Debe usarse con lanzas largas, de al menos 1,8 m, para conseguir una puntería aceptable. La distancia máxima a la que se consigue cierta precisión no sobrepasa los 20-25 m en cazadores experimentados pertenecientes a pueblos primitivos actuales.
 - Las experimentaciones realizadas hacen énfasis en ciertas reglas que hay que mantener durante su ejecución:
 - Reproducir con fidelidad los gestos técnicos de la prehistoria durante la fabricación de las puntas.
 - Respetar los materiales empleados en el yacimiento que se use de referencia, recurriendo, si es posible, a la misma cantera de la que obtuvieron el sílex y al mismo tipo de asta o de hueso. Las dimensiones de las piezas arqueológicas también deben ser tenidas en cuenta.
 - Utilizar como blanco animales recién muertos, disparándoles a distancias lógicas desde el punto de vista cinegético, y utilizando para ello arcos, propulsores y astiles coherentes con la época que se estudia. Esto mismo se puede aplicar a las materias que se utilicen para enmangar las puntas.
 - Debe buscarse la máxima eficacia en los instrumentos que se usen: si el mejor modo de enmangue es el bisel con ligadura de tendón, emplear ese sistema.
 - Recoger todos los fragmentos producidos por la fracturación de las piezas, registrando en especial los que se hayan incrustado en los animales. Identificar las piezas en varios sitios para luego saber a qué punta pertenece cada fragmento.
 - Utilizar tantos astiles como puntas se vayan a probar, intentando lograr una homogeneidad en cuanto a dimensiones y peso de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- BARTON, R. N. E. y BERGMAN, C. A.** (1982): "Hunters at Hengistbury: some evidence from experimental archaeology", *World Archaeology*, 14, 2.
- BERGMAN, C. A. y NEWCOMER, M. H.** (1983): "Flint arrowhead breakage: Examples from Ksar Akil, Lebanon", *Journal of Field Archaeology*, 10.
- BROGLIO, A., CHELIDONIO, G., LONGO, L.** (1993): "Analyse morphologique et fonctionnelle des pointes à cran de l'Épigravetien ancien", en *Traces et fonctions: les gestes retrouvés*. Colloque international de Liège, Ed. ERAUL, 50.
- CATTELAÏN, P.** (1979): "Quelques considérations sur les propulseurs Magdaléniens au travers de trois pièces conservées au Musée des Antiquités Nationales", *Antiquités Nationales*, 11, París.
- CATTELAÏN, P.** (1988a): "Les Propulseurs: utilisation et traces d'utilisation", en *Archéologie expérimentale, Tome 2, La Terre*, Éditions Errance, París.
- CATTELAÏN, P.** (1988b): *Fiches typologiques de l'industrie de l'os préhistorique. Cahier II: Propulseurs*, Publications de l'Université de Provence, Aix-en-Provence.
- CATTELAÏN, P.** (1997): "Hunting during the Upper Palaeolithic: Bow, spearthrower or both?", en KNECHT (ed.), *Projectile Technology*, Plenum press, Nueva York y Londres.
- CORDIER, G.** (1990): "Blessures préhistoriques animales et humaines avec armes ou projectiles conservés", *B. S. P. F.*, tomo 87, números 10 – 12, París.
- DOMINGO MARTÍNEZ, R.** (1998): *Las armas de los últimos cazadores*, Tesis de Licenciatura inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza.
- ELLIS, CHRISTOPHER J.** (1997): "Factors influencing the use of stone projectile tips", en KNECHT (ed.): *Projectile Technology*, Plenum Press, Nueva York y Londres.
- FISCHER, A., HANSEN, P. V., RASMUSSEN, P.** (1984): "Macro and micro wear traces on lithic projectile points", *Journal of Danish Archaeology*, 3, Copenhagen.
- FISCHER, A.** (1985): "Hunting with Flint-Tipped Arrows: results and experiences from practical experiments", en BONSALL, Cl., (ed.), *The Mesolithic in Europe*, John Donald Publishers, Ltd., Edimburgo.
- FLENNIKEN, J. J.** (1985): "Stone tool reduction techniques as cultural markers", en PLEW, WOODS y PAVESIC (eds.): *Stone Tool Analysis: Essays in Honor of Don.T. Crabtree*, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- GENESTE, J.M. y MAURY, S.** (1997): "Contributions of Multidisciplinary Experimentation to the Study of Upper Palaeolithic Projectile Points", en KNECHT, (ed.), *Projectile Technology*, Plenum Press, Nueva York y Londres.
- GENESTE, J-M. y PLISSON, H.** (1986): "Le Solutrén de la grotte de Combe Saunière I (Dordogne); première approche paléthnologique", en *Gallia Préhistoire*, 29.
- GENESTE, J-M. y PLISSON, H.** (1990): "Technologie fonctionnelle des pointes solutréennes: une approche systémique", en KOZŁOWSKI, J. K. (ed.): *Feuilles de pierre. Les industries à pointes foliacées du Paléolithique Supérieur Européen*, Actes du Colloque de Cracovie, Institut de Préhistoire, Université de Liege, ERAUL, 42.
- GENESTE, J-M. y PLISSON, H.** (1993): "Hunting Technologies and Human Behavior: Lithic Analysis of Solutrean Shouldered Points", en KNECHT, Heidi, PIKE-TAY, Anne y WHITE, Randall (eds.): *Before Lascaux. The complex record of the Early Upper Palaeolithic*, CRC Press, Boca Ratón.
- GONZÁLEZ URQUIJO, J. E., IBÁÑEZ ESTÉVEZ, J. J.** (1994): *Metodología de análisis funcional de instrumentos tallados en sílex*, Cuadernos de Arqueología 14, Universidad de Deusto, Bilbao.
- GUTHRIE, R. D.** (1983): "Osseous projectile points: biological considerations affecting raw material and design among palaeolithic and palaeoindian people", en *Animals and Archaeology, 1. Hunters and their prey*, B. A. R. International Series, 163, Oxford.
- KNECHT, H.** (1997a): "Projectile Points of Bone, Antler and Stone: Experimental Explorations of Manufacture and Use", en KNECHT, (ed.), *Projectile Technology*, Plenum press, Nueva York y Londres.
- KNECHT, H.** (1997b): "The History and Development of Projectile Technology Research",

- en KNECHT (ed.), *Projectile Technology*, Plenum press, Nueva York y Londres.
- KNECHT, H.** (ed.) (1997c): *Projectile Technology*, Plenum press, Nueva York y Londres.
- LEROI-GOURHAN, A.** (1983): "Une tête de sagaie à armature de lamelles de silex à Pincevent (Seine-et-Marne)", *B. S. P. F.*, tomo 80, número 5, París.
- MOREL, P.** (1993): "Impacts de projectiles sur le gibier: quelques éléments d'une approche expérimentale", en *Traces et fonctions: les gestes retrouvés*. Colloque international de Liège, Ed. ERAUL, 50.
- MOSS, E. H.** (1983): *The Functional Analysis of Flint Implements. Pincevent and Pont d'Ambon: Two Case Studies from the French Final Palaeolithic*, B. A. R. International Series, 177, Oxford.
- MOSS, E. H., NEWCOMER, M. H.** (1982): "Reconstruction of tool use at Pincevent: Microwear and Experiments", en CAHEN, D. et URA 28 du CNRS (eds.): *Tailler! Pourquoi faire?. Préhistoire et technologie lithique. Recent progress in microwear studies*, Studia Praehistorica Belgica, 2, Musée Royal de l'Afrique Central, Tervuren.
- NOE-NYGAARD, N.** (1974): "Mesolithic Hunting in Denmark illustrated by human weapons", *Journal of Archaeological Science*, 1, New York & London.
- NUZHNYJ, D.** (1989): "L'utilisation des microlithes géométriques et no géométriques comme armatures des projectiles", *B. S. P. F.*, tomo 86, número 3, París.
- ODELL, G. H.** (1978): "Préliminaires d'une analyse fonctionnelle des pointes microlithiques de Bergumermeer (Pays-Bas)", *B. S. P. F.*, tomo 75, número 2, París.
- ODELL, G. H. y COWAN, F.** (1986): "Experiments with spears and arrows on animal targets", *Journal of Field Archaeology*, vol. 13.
- POKINES, J. T.** (1998): "Experimental replication and Use of Cantabrian Lower Magdalenian Antler Points", *Journal of Archaeological Science*, 25, 8.
- POKINES, J. T. y KRUPA, M.** (1997): "Self-Barbed antler spearpoints and Evidence of Fishing in the Late Upper Palaeolithic of Cantabrian Spain", en KNECHT, H. (ed.): *Projectile Technology*, Plenum Press, Nueva York y Londres.
- RAYMOND, A.** (1986): "Experiments in the function and performance of the weighted atlatl", *World Archaeology*, 18, 2.
- ROZOY, J. G.** (1978): *Les derniers chasseurs*, B. S. P. Champenoise, Charleville.
- TYZZER, E. E.** (1936): "The "simple bone point" of the shell-heaps of the Northeastern Algonkian area and its probable significance", *American Antiquity*, 1.